

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-299532

(43)Date of publication of application : 24.10.2000

---

(51)Int.Cl.

H01S 5/343  
H01L 33/00

---

(21)Application number : 11-256452

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 10.09.1999

(72)Inventor : OZAKI NORIYA  
NAKAMURA SHUJI

---

(30)Priority

Priority number : 11032510 Priority date : 10.02.1999 Priority country : JP

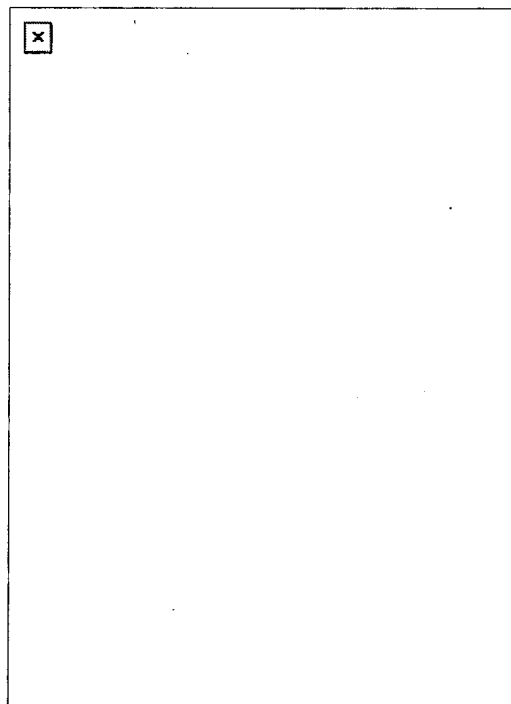
---

### (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride semiconductor laser element of a constitution, wherein the crystallizabilities of a guide layer, an active layer and the like are raised and a long-wavelength laser beam can be obtained.

SOLUTION: A nitride semiconductor laser element is constituted comprising a first nitride semiconductor layer having an  $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a < 1$ ) layer being composition inclined so that the composition of Al is decreased as an N-type clad layer 4 and/or a P-type clad layer 9 approach or approaches an active layer 6, the layer 6 is formed in a quantum well structure formed comprising an  $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ) layer, and the laser element is constituted comprising a second nitride semiconductor layer having an  $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ ) layer being composition inclined so that the composition of In is increased as an N-type guide layer and/or a P-type guide layer 8 approach or approaches the layer 6, provided that being composition inclined so that the composition of the In is made less than that of In of a well layer in the layer 6.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-299532

(P2000-299532A)

(43) 公開日 平成12年10月24日 (2000. 10. 24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 5/343	5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

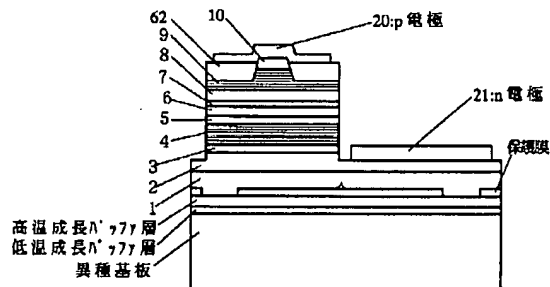
(21) 出願番号	特願平11-256452	(71) 出願人	000226057 日亜化学工業株式会社 徳島県阿南市上中町岡491番地100
(22) 出願日	平成11年9月10日 (1999. 9. 10)	(72) 発明者	小崎 徳也 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-32510	(72) 発明者	中村 修二 徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内
(32) 優先日	平成11年2月10日 (1999. 2. 10)	Fターム (参考)	5F041 AA40 CA04 CA05 CA34 CA40 CA46 CA65 5F073 AA51 AA73 AA74 AA76 AA77 CA07 DA05
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子

## (57) 【要約】

【課題】 ガイド層や活性層等の結晶性を向上させ、長波長のレーザ光を得ることができる窒化物半導体レーザ素子を提供することである。

【解決手段】 n型クラッド層4及び／又はp型クラッド層9が、活性層6に接近するにつれて、Al組成が少なくなるように組成傾斜されている $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a < 1$ ) を有する第1の窒化物半導体を含んでなり、前記活性層6が、 $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ) を含んでなる量子井戸構造であり、n型ガイド層5及び／又はp型ガイド層8が、活性層6に接近するにつれて、Inの組成が多くなるように組成傾斜され、但しInの組成が活性層の井戸層のInの組成より少ないようにされている $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ ) を有する第2の窒化物半導体を含んでなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、少なくともn型クラッド層、n型ガイド層、活性層、p型ガイド層及びp型クラッド層を有する窒化物半導体レーザ素子において、前記n型及び／又はp型クラッド層が、活性層に接近するにつれて、Al組成が少なくなるように組成傾斜されている $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a < 1$ ) を有する第1の窒化物半導体を含んでなり、前記活性層が、 $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ) を含んでなる量子井戸構造であり、前記n型及び／又はp型ガイド層が、活性層に接近するにつれて、Inの組成が多くなるように組成傾斜され、但しInの組成が活性層の井戸層のInの組成より少ないようにされている $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ ) を有する第2の窒化物半導体を含んでなることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記n型及び／又はp型クラッド層が、前記組成傾斜されている第1の窒化物半導体と、第1の窒化物半導体と組成の異なる第3の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記n型及び／又はp型ガイド層が、前記組成傾斜されている第2の窒化物半導体と、第2の窒化物半導体と組成の異なる第4の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化物半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、LED（発光ダイオード）、SLD（スーパーluminescentダイオード）、LD（レーザダイオード）等の発光素子、太陽電池、光センサー等の受光素子、あるいはトランジスタ、パワーデバイス等の電子デバイスに使用される窒化物半導体（ $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ）素子に関し、特に、光閉じ込めが良好な青色（およそ400nm付近）よりも長波長のレーザ光の得られる窒化物半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、本発明者等は、実用可能な窒化物半導体レーザ素子を提案している。例えば、Japanese Journal of Applied Physics, Vol.37(1998)pp.L309-L312に、発振波長が400nm付近のレーザ光が得られる窒化物半導体レーザ素子を開示している。この素子は、サファイア上に成長させたGa<sub>0.9</sub>N層上に、SiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を部分的に形成し、その上から再度Ga<sub>0.9</sub>Nを有機金属気相成長法（MOVPE）等の気相成長法により選択成長させ、厚膜のGa<sub>0.9</sub>Nを成長させることにより得られる結晶欠陥（以下、転位という場合もある）の少ない窒化物半導体を基板（以下、ELOG基板という場合がある。）とし、このELOG基板上に、少なくとも多層膜層（超格子層）のn型クラッド層と多層膜層（超

格子層）のp型クラッド層との間に、多重量子井戸構造の活性層を有してなる。このような素子構造を有するレーザ素子は、1万時間以上の連続発振を達成することができる。

【0003】更に本発明者等は、窒化物半導体を用いて、例えば450nm付近の長波長のレーザ光の得られる窒化物半導体レーザ素子の実用化の研究を行っている。長波長のレーザ光を得る方法として、例えば、上記J. J. A. P. に記載の素子構造において、理論的には、活性層のIn組成比を多くすることにより長波長の光が得られる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、活性層のIn混晶比を高くすると、活性層で発光した光がn型ガイド層からp型ガイド層までの間を良好に導波できるように、ガイド層にもInを含ませて活性層に対するガイド層の屈折率を調整する必要が生じるが、上記J. J. A. P. に記載のGa<sub>0.9</sub>Nでガイド層を形成した場合に比べて、In含有のガイド層の結晶性が非常に低下してしまう。n型ガイド層の結晶性が低下すると、活性層の結晶性も低下し良好な発光が得られ難くなる。また、ガイド層の結晶性の低下により、ガイド層での光の損失、吸収及び散乱などが生じてしまう。更に、活性層のIn混晶比を高くすると結晶性が低下するために、自然発光時の波長の半値幅が広くなり、ピーク波長をレーザ光としにくくなる。更にまた、長波長のレーザ素子の場合、クラックの入り易いAl含有のn型クラッド層上に、In含有の結晶性の低下し易いn型ガイド層を積層成長させるために、n型クラッド層の結晶性を向上させることはかなり難しい。

【0005】また、本出願人は、特開平10-335757号公報に、クラッド層やガイド層の結晶性を向上させるために、ガイド層やクラッド層を超格子にすることを開示している。しかし、上記公報に記載の技術では、400nm付近のレーザ光が得られる素子に対しては有効であるが、波長をさらに長波長にするとガイド層のIn組成の量を多くしなければならず、ガイド層を超格子にしても十分満足できる結晶性が得られない。

【0006】このように、長波長のレーザ光を得るためには、Inを含むガイド層やIn混晶比を高くした活性層の結晶性を向上させ、自然発光時の波長の半値幅を狭くし、ガイド層等での光の損失、吸収、及び散乱を防止することが望まれる。

【0007】そこで、本発明の目的は、ガイド層や活性層等の結晶性を向上させ、長波長のレーザ光を得ることができる窒化物半導体レーザ素子を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】即ち、本発明は、下記(1)～(3)の構成により本発明の目的を達成するこ

とができる。

(1) 基板上に、少なくともn型クラッド層、n型ガイド層、活性層、p型ガイド層及びp型クラッド層を有する窒化物半導体レーザ素子において、前記n型及び／又はp型クラッド層が、活性層に接近するにつれて、Al組成が少なくなるように組成傾斜されている $Al_aGa_{1-a}N$  ( $0 \leq a < 1$ ) を有する第1の窒化物半導体を含んでなり、前記活性層が、 $In_bGa_{1-b}N$  ( $0 \leq b < 1$ ) を含んでなる量子井戸構造であり、前記n型及び／又はp型ガイド層が、活性層に接近するにつれて、Inの組成が多くなるように組成傾斜され、但しInの組成が活性層の井戸層のInの組成より少ないようにされている $In_dGa_{1-d}N$  ( $0 \leq d < 1$ ) を有する第2の窒化物半導体を含んでなることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

(2) 前記n型及び／又はp型クラッド層が、前記組成傾斜されている第1の窒化物半導体と、第1の窒化物半導体と組成の異なる第3の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

(3) 前記n型及び／又はp型ガイド層が、前記組成傾斜されている第2の窒化物半導体と、第2の窒化物半導体と組成の異なる第4の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【0009】つまり、本発明は、n型及び／又はp型ガイド層のInの組成、並びにn型及び／又はp型クラッド層のAlの組成を活性層に接近するにつれて徐々に変える、つまり組成傾斜させることにより、クラッド層、ガイド層、活性層等の結晶性を向上させて、長波長のレーザ光の得られる窒化物半導体レーザ素子を得ることができる。

【0010】本発明者等は、結晶性を向上させるために種々検討の結果、Ga<sub>N</sub>にInやAlを含めると結晶性が低下し易くなる傾向があることに加え、さらにAl-GaNとIn-GaNとの格子定数の差が大きいためにクラッド層とガイド層の接合面で結晶の歪みが大きくなり、結晶性が著しく低下するのではないかと考えた。この考察をもとに、本発明者等は、組成傾斜させることで、クラッド層やガイド層内で格子定数の差を徐々に変化させ、各層内及びガイド層とクラッド層との界面で結晶に生じる歪みを減少させることにより、結晶性の向上を達成させた。

【0011】従来、GaAs系の半導体において、組成を傾斜させてGRIN-SCH構造とすることにより、しきい値が低くなることが知られているが、この場合、例えばGaAsにAlを含めても格子定数の差は小さく、結晶の歪みがあまり生じない。

【0012】これに対して、本発明は、結果的にGRIN-SCH構造となり得る組成傾斜をしてはいるもの

の、窒化物半導体を用いて長波長のレーザ光の発振を達成しようとする場合に生じる結晶性の著しい低下という窒化物半導体における特有の問題点を、クラッド層やガイド層の組成を傾斜させることで格子定数の差を徐々に変化させ結晶にかかる歪みを緩和することにより解決するものである。本発明において、組成傾斜されている層としては、n型及びp型クラッド層の少なくとも一方と、n型及びp型ガイド層の少なくとも一方とが組成傾斜されていればよいが、好ましくは、n型又はp型クラッド層と、n型及びp型ガイド層が組成傾斜され、より好ましくはn型クラッド層、n型ガイド層、p型クラッド層及びp型ガイド層が組成傾斜されている。結晶性の向上の点で好ましい。

【0013】更に、本発明は、n型及びp型クラッド層、並びに、n型及びp型ガイド層が組成傾斜されていると、活性層を挟んで対称的に、活性層に接近するに従い屈折率が徐々に大きくなる構造、GRIN-SCH構造となり、結晶性の向上に加えて、実効的に光を閉じ込めることができしきい値が低下する。このように結晶性が向上すると共に、しきい値が低下することにより、より一層長波長のレーザ発振がし易くなる。また、上記のように、活性層を中心に屈折率が対称となっていると、反転分布するキャリア濃度の高い部分と利得の生じる部分が一致し、発光効率が良好となる。このような組成傾斜、つまり、クラッド層では活性層に接近するに従いAlの組成を徐々に減少させていき、ガイド層では活性層に接近するにつれてInの組成を徐々に増加させていくと、クラッド層とガイド層との界面において結晶の格子定数の差が小さくなるので、例えば結晶性が不安定であるAl含有のn型クラッド層上に、結晶性の不安定なIn含有のn型ガイド層を積層しても、あるいはIn含有のp型ガイド層上にAl含有のp型クラッド層を積層させても、結晶性良く成長させることができる。

【0014】また更に、本発明は、n型及び／又はp型クラッド層が、前記組成傾斜されている第1の窒化物半導体と、第1の窒化物半導体と組成の異なる第3の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であると、結晶性の向上の点で好ましい。また更に、本発明は、n型及び／又はp型ガイド層が、前記組成傾斜されている第2の窒化物半導体と、第2の窒化物半導体と組成の異なる第4の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であると、結晶性の向上の点で好ましい。

【0015】本発明において、n型及びp型クラッド層と、n型及びp型ガイド層とを、組成傾斜で且つ多層膜層とすると、結晶性の向上及びしきい値の低下のためにより好ましく、長波長のレーザ光の連続発振に加え、連続発振をより長時間おこなうことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明について、図1を用いて更に説明する。図1は、本発明の一実施の形態である窒化

10

20

30

40

50

物半導体レーザ素子の模式的断面図である。図1には、サファイア上に選択成長させてなる窒化物半導体基板（ELOG基板）1上に、アンドープn型コンタクト層2、不純物ドーパのn型コンタクト層3、クラック防止層4、n型クラッド層5、n型ガイド層6、活性層7、p型電子閉じ込め層8、p型ガイド層9、p型クラッド層10、p型コンタクト層11を順に積層させてなるリッジ形状のストライプを有する窒化物半導体レーザ素子が示されている。そして、この素子は、クラッド層及びガイド層のn型及びp型の少なくとも一方が組成傾斜されている。また、p電極は、リッジ形状のストライプの最上層に形成され、n電極はn型コンタクト層上に形成される。

【0017】まず、本発明のn型クラッド層及びp型クラッド層としては、少なくともA1組成を含む窒化物半導体であり、n型及びp型クラッド層の少なくとも一方が、A1組成が活性層に接近するに従って少なくなるように組成傾斜されている窒化物半導体であればよい。具体的には、n型及びp型クラッド層の少なくとも一方、好ましくは両方が、活性層に接近するに従って、A1組成が少なくなるように組成傾斜されている $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a < 1$ 、好ましくは $0 \leq a < 0.7$ )を有する第1の窒化物半導体を含んでなる。上記第1の窒化物半導体は、活性層に接近するに従って、A1組成が少なくなるように $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ で示される式のaの値を徐々に少なくして、活性層に最も接近した部分には、A1を含まないGaNを成長させると、結晶性及び光閉じこめの点で好ましい。このように、A1組成を活性層に接近させるに従って小さくしていくことにより、徐々に格子定数を変化させることができ、クラッド層内での結晶の歪みを小さくし、クラッド層内のクラックの発生を防止して結晶性を向上させることができる。更に、クラッド層とガイド層との界面でクラッド層内のA1組成を最も少なくすることで、クラッド層とガイド層との格子定数の差が小さくなり、界面での結晶に生じる歪みを低減でき、結晶性を良好にすることができる。

【0018】上記第1の窒化物半導体において、A1組成が活性層に接近するにつれて少なくなるように組成傾斜する方法としては、特に限定されないが、例えば $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ で示されるクラッド層の成長時に、A1組成となる原料ガスの供給量を、n型クラッド層では徐々に少なくし、一方p型クラッド層では徐々に多くするように、バルブの開閉を調節する、あるいはA1組成の異なる複数の第1の窒化物半導体を積層することにより、A1混晶比の異なる複数の第1の窒化物半導体を積層させてクラッド層のA1組成を傾斜させる。

【0019】更にまた、上記のように組成傾斜させると、屈折率が、活性層に向かって徐々に大きくなっていくので、光を閉じ込めやすくなり、好ましくはn型及びp型クラッド層を組成傾斜させると、活性層を挟んで対

称的になり、実効的に光の閉じ込めが良好となる。

【0020】更に、本発明において、n型クラッド層及びp型クラッド層の少なくとも一方、好ましくは両方が、組成傾斜されてなる第1の窒化物半導体と、第1の窒化物半導体と組成の異なる第3の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることが好ましい。本発明において、第3の窒化物半導体としては、第1の窒化物半導体と組成が異なれば特に限定されないが、好ましくは第1の窒化物半導体よりもバンドギャップエネルギーが小さい窒化物半導体であり、具体的には、 $\text{In}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$  ( $0 \leq e \leq 1$ 、 $a < e$ )からなる窒化物半導体が挙げられ、好ましくは、eが0であるGaNである。このように多層膜層とした場合に、多層膜層中の複数の第1の窒化物半導体は、活性層に接近するに従って、A1組成が小さくなるようにされている。クラッド層が多層膜層である場合の単一層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは100オングストローム以下、より好ましくは70オングストローム以下、更に好ましくは50オングストローム以下であり、好ましくは10オングストローム以上である。クラッド層が組成傾斜された第1の窒化物半導体を含んでなる多層膜層であると、組成傾斜による結晶性の向上に加えて、多層膜層を構成する各層の単一膜厚を薄く、好ましくは上記単一膜厚とすることにより、窒化物半導体の弾性臨界膜厚以下となり、クラックの発生を防止し易くなり、より良好な結晶性の膜質の良いクラッド層を成長できる。また、第3の窒化物半導体が、eが0に近い、つまりIn組成の少ない窒化物半導体、例えば第3の窒化物半導体がGaNであると、特に結晶性の良いGaNの第3の窒化物半導体がバッファ層のような作用をして、 $\text{AlGa}_{1-a}\text{N}$ の第1の窒化物半導体を結晶性良く成長し易くなり、クラッド層全体の結晶性が向上する。また、第3の窒化物半導体として、 $\text{InAlN}$ や $\text{InGaAlN}$ などを用いてもよい。

【0021】本発明において、n型クラッド層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは $3\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $2\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $1.5 \sim 0.1\mu\text{m}$ である。膜厚が上記範囲であると順方向電圧(Vf)の低下及びクラック発生防止の点で好ましい。また本発明において、p型クラッド層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは $2\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1.5\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $1 \sim 0.05\mu\text{m}$ である。膜厚が上記範囲であると、面状態が良好となり、クラック発生防止の点で好ましい。

【0022】本発明において、n型クラッド層及びp型クラッド層は、バルク抵抗を低くし順方向電圧を低減するため、不純物がドーパされていることが好ましい。不純物は、クラッド層を構成するいずれの層にドーパされていてもよく、例えばクラッド層がA1の組成傾斜されている第1の窒化物半導体からなる場合、A1組成の変化に関係なく一定量をドーパされても、A1組成が活性

層に接近するに従って小さくなるのと同時に、活性層に接近するに従って少なくなるように調整されドーパされている。好ましい不純物のドーパの方法としては、活性層に接近するに従って小さくなるようにドーパされることが、クラッド層による活性層付近の光吸収を少なくし、光損失が低下してしきい値が低下する傾向がある。更にクラッド層の不純物が活性層に接近するに従って少なくなっていると、クラッド層とガイド層との界面には、不純物が少なく、結晶に生じる歪みを小さくする点で好ましい。

【0023】また、クラッド層が組成傾斜されている第1の窒化物半導体と、第3の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層である場合、不純物は、いずれか一方の層又は両方の層にドーパされ、好ましくはいずれか一方にドーパされ、より好ましくは第3の窒化物半導体にドーパされる。クラッド層に不純物をドーパする場合、第3の窒化物半導体がGaNからなり、この第3の窒化物半導体に不純物がドーパされていると、結晶性を低下させることなくバルク抵抗を低くでき好ましい。不純物が両方の窒化物半導体にドーパされている場合、不純物のドーパ量は、異なっても同一でもよく、多層膜層を構成している複数の層において隣接する単一の窒化物半導体層の不純物濃度が異なることが好ましい。

【0024】本発明において用いられるn型不純物としては、Si、Ge、Sn、S、O等が挙げられ、好ましくはSi、Snである。本発明において用いられるp型不純物としては、Mg、Zn、Be、Caが挙げられ、好ましくはMgである。

【0025】n型クラッド層のn型不純物濃度は、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下、より好ましくは $5 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ である。不純物濃度がこの範囲であるとVf及び結晶性の点で好ましい。n型不純物がAl組成の傾斜と共に変化する場合、上記不純物濃度の範囲内で、適宜調整される。p型クラッド層のp型不純物濃度は、上記n型不純物濃度の値と同様である。p型不純物濃度がAl組成の傾斜と共に変化する場合、上記不純物濃度の範囲内で適宜調整される。

【0026】次に、本発明のn型ガイド層及びp型ガイド層としては、少なくともIn組成を含む窒化物半導体であり、さらにn型及びp型ガイド層の少なくとも一方が、In組成が活性層に接近するに従って多くなるように組成傾斜されている窒化物半導体であればよい。具体的には、n型及びp型ガイド層の少なくとも一方、好ましくは両方が、活性層に接近するにつれて、In組成が多くなるように組成傾斜されている $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ 、好ましくは $0 \leq d < 0.6$ )を有する第2の窒化物半導体層を含んでなる。第2の窒化物半導体のIn組成の量は、活性層の井戸層のIn組成の量より少なくても、多くてもよく、好ましくは同じ量かそれ以下で

あるように調整される。

【0027】上記第2の窒化物半導体は、活性層に接近するに従って、In組成が少なくなるように $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$ で示される式のdの値を徐々に大きくして、活性層に最も接近した部分では、In組成の最も多いガイド層を形成する。このようにIn組成を組成傾斜させることで、前記クラッド層との界面でのクラッド層の格子定数と、ガイド層の格子定数との差が最小となり、結晶にかかる歪みを緩和して、n型クラッド層上に成長させるn型ガイド層、及びp型ガイド層上に成長させるp型クラッド層の結晶性を向上させることができる。更に、活性層に最も近接している部分のガイド層には、ガイド層内でIn組成が最も多くなるようにされているので、In組成を多く含む活性層の結晶性をも良好にすることができる。ガイド層の結晶性が向上すると、活性層で発光した光がガイド層を導波する際に、光の損失、吸収、又は散乱などを防止し、光の閉じ込めが向上する。

【0028】上記第2の窒化物半導体において、In組成が活性層に接近するにつれて多くなるように組成傾斜する方法としては、特に限定されないが、上記のクラッド層と同様に、例えば $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$ で示されるガイド層の成長時にIn組成となる原料ガスの供給量を、n型ガイド層では徐々に多くし、一方p型ガイド層では徐々に少なくするように、バルブの開閉を調節する、あるいはIn組成の異なる複数の第2の窒化物半導体を積層することにより、In混晶比の異なる複数の第2の窒化物半導体を積層させてガイド層のIn組成を傾斜させる。

【0029】更にまた、上記のように組成傾斜させると、屈折率が、活性層に向かって徐々に大きくなっていくので、光を閉じ込めやすくなり、好ましくはn型及びp型ガイド層を組成傾斜させると、活性層を挟んで対称的になり、実効的に光の閉じ込めが良好となる。更に、n型及びp型ガイド層が組成傾斜され、上記n型及びp型クラッド層が組成傾斜されていると、活性層に接近するに従ってクラッド層から徐々に屈折率が大きくなり、結晶性の向上に加えて、実効的に光を良好に閉じ込めることができ好ましい。

【0030】更に、本発明において、n型ガイド層及びp型ガイド層の少なくとも一方、好ましくは両方が、組成傾斜されてなる第2の窒化物半導体と、第2の窒化物半導体と組成の異なる第4の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層であることが好ましい。本発明において、第4の窒化物半導体としては、第1の窒化物半導体と組成が異なれば特に限定されないが、例えば $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  ( $0 \leq f < 1$ )又は $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{N}$  ( $0 \leq g < 1$ )からなるものが挙げられる。好ましくは、第4の窒化物半導体がGaNであると、ガイド層の結晶性を向上させるのに好ましい。このように多層膜層とした場合に、多層膜層中の複数の第2の窒化物半導体は、活性層に接近するに従って、In組成が多くなるようにされている。ガ

10

20

30

40

50

イド層が多層膜層である場合の単一層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは100オングストローム以下、より好ましくは70オングストローム以下、更に好ましくは50オングストローム以下であり、好ましくは10オングストローム以上である。ガイド層が組成傾斜された第2の窒化物半導体を含んでなる多層膜層であると、組成傾斜による結晶性の向上に加えて、多層膜層を構成する各層の単一膜厚を薄く、好ましくは上記単一膜厚とすることにより、窒化物半導体の弾性臨界膜厚以下となり、より良好な結晶性の膜質の良いガイド層を成長できる。また、第4の窒化物半導体が、GaNである

【0031】本発明において、n型及びp型ガイド層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは5 $\mu$ m以下、より好ましくは3 $\mu$ m以下、さらに好ましくは2.5～0.05 $\mu$ mである。膜厚が上記範囲であると結晶性、Vf、及び光閉じこめの点で好ましい。

【0032】また、本発明において、n型ガイド層は、n型不純物がドーパされていてもよく、好ましくはアンドープである。第2の窒化物半導体はIn組成を含んでなるため、不純物をドーパしない場合でもn型を示しているため、結晶性のよいアンドープとするとn型ガイド層の結晶性が良好となり好ましい。また、本発明において、p型ガイド層は、p型不純物がドーパされていてもよく、好ましくはp型不純物がドーパされている。In組成を含んでなるガイド層はアンドープではn型を示すため、p型ガイド層にp型不純物をドーパして、バルク抵抗を低くする等の点で好ましい。

【0033】不純物は、ガイド層を構成するいずれの層にドーパされていてもよく、例えばガイド層がIn組成の組成傾斜されている第1の窒化物半導体からなる場合、In組成の変化に関係なく一定量をドーパされても、In組成が活性層に接近するに従って小さくなるのと同時に、活性層に接近するに従って多くなるように調整されドーパされていてもよい。

【0034】また、ガイド層が組成傾斜されている第2の窒化物半導体と、第4の窒化物半導体とを積層してなる多層膜層である場合、不純物は、いずれか一方の層又は両方の層にドーパされていてもよいが、好ましくはいずれか一方にドーパされ、より好ましくは結晶性の点から第4の窒化物半導体にドーパされる。ガイド層に不純物をドーパする場合、第4の窒化物半導体がGaNからなり、この第4の窒化物半導体に不純物がドーパされていると、結晶性を低下させることなく、バルク抵抗を低くすることができ好ましい。不純物が、第2の窒化物半導体及び第4の窒化物半導体の両方にドーパされている場合、不純物のドーパ量は、異なっても同一でもよく、

多層膜層を構成している複数の層において隣接する単一の窒化物半導体層の不純物濃度が異なることが好ましい。

【0035】本発明のガイド層に用いられるn型不純物及びp型不純物としては、前記クラッド層にドーパ可能な不純物と同様のものを挙げることができる。n型ガイド層にn型不純物をドーパする場合のn型不純物濃度は、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下、最も好ましくは結晶性が良好なアンドープである。n型不純物がIn組成の傾斜と共に変化する場合は、上記不純物濃度の範囲内で、適宜調整される。p型ガイド層のp型不純物濃度は、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。p型不純物濃度がこの範囲であると、抵抗、結晶性の点で好ましい。不純物濃度がIn組成の傾斜と共に変化する場合は、上記不純物濃度の範囲内で適宜調整される。

【0036】次に、本発明の活性層としては、 $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ) を含んでなる単一量子井戸構造又は多重量子井戸構造であり、好ましくは多重量子井戸構造である。多重量子井戸構造とすると、単一量子井戸構造より発光出力が向上し好ましい。

【0037】本発明の活性層としては、特に限定されないが、発振波長が400nmより長波長、好ましくは発振波長が420nm以上の長波長となるように井戸層のIn組成比が調整されているものが挙げられる。更に、本発明の活性層の具体例としては、活性層が多重量子井戸構造である場合、例えば近似的に、好ましい井戸層としては、bが0.1～0.6の $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ であり、好ましい障壁層としては、bが0～0.1の $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ が挙げられる。また活性層を構成する井戸層及び障壁層のいずれか一方または両方に不純物をドーパしてもよい。好ましくは障壁層に不純物をドーパさせると、しきい値が低下し好ましい。不純物としては、n型でもp型でもよい。井戸層の膜厚としては、100オングストローム以下、好ましくは70オングストローム以下、好ましくは10オングストローム以上であり、より好ましくは30～60オングストロームである。また、障壁層の膜厚としては、150オングストローム以下、好ましくは100オングストローム以下、好ましくは10オングストローム以上であり、より好ましくは90～150オングストロームである。

【0038】活性層が多重量子井戸構造である場合、活性層を構成する障壁層と井戸層の積層順としては、障壁層から始まり井戸層で終わっても、障壁層から始まり障壁層で終わっても、井戸層から始まり障壁層で終わっても、また井戸層から始まり井戸層で終わってもよい。好ましくは障壁層から始まり、井戸層と障壁層とのペアを2～5回繰り返してなるもの、好ましくは井戸層と障壁

層とのペアを3回繰り返してなるものがしきい値を低くし寿命特性を向上させるのに好ましい。

【0039】活性層の井戸層のIn組成比の調整としては、所望する発振波長となるようにIn組成比を調整してあればよく、具体的な値としては、上記にも近似的な一例を挙げたが、例えば下記の理論値の計算式から求められる値を近似的な値として挙げることができる。しかし、実際にレーザ素子を動作させて得られる発振波長は、量子井戸構造をとる量子準位が形成されるため、発振波長のエネルギー(Eλ)がInGa<sub>1-x</sub>Nのバンドギャップエネルギー(E<sub>g</sub>)よりも図7のように大きくなり、計算式などから求められる発振波長より、短波長側へシフトする傾向がある。

【0040】[理論値の計算式]

$$E_g = (1-x)3.40 + 1.95x - Bx(1-x)$$

$$\text{波長 (nm)} = 1240 / E_g$$

E<sub>g</sub>: InGa<sub>1-x</sub>N井戸層のバンドギャップエネルギー  
x: Inの組成比

3.40 (eV): GaNのバンドギャップエネルギー

1.95 (eV): InNのバンドギャップエネルギー

B: ボーイングパラメータを示し、1~6 eVとする。このようにボーイングパラメータが変動するのは、最近の研究では、SIMS分析などから、従来は結晶に歪みがないと仮定して1 eVとされていたが、In組成比の割合や膜厚が薄い場合等により歪みの生じる程度が異なり、1 eV以上となることが明らかとなってきているためである。

【0041】上記のように井戸層のSIMS分析などから求められる具体的なIn組成比から考えられる発振波長と、実際に発振させたときの発振波長とは、やや相違があるものの、実際の発振波長が所望する波長となるように調整される。

【0042】本発明において、レーザ素子を構成する上記以外の層構造としては、特に限定されず、例えば前記図1に示す層構造が挙げられ、以下にそれらの一実施の形態を示す。

【0043】選択成長のELOG基板について以下に説明する。ELOG基板を得るための選択成長は、窒化物半導体の縦方向の成長を少なくとも部分的に一時的止めて、窒化物半導体の横方向の成長を利用して転位を抑制することのできる成長方法であれば特に限定されない。例えば具体的に、窒化物半導体と異なる材料からなる異種基板上に、窒化物半導体が成長しないかまたは成長しにくい材料からなる保護膜を部分的に形成し、その上から窒化物半導体を成長させることにより、保護膜が形成されていない部分から窒化物半導体が成長し、成長を続けることにより保護膜上に向かって横方向に成長することにより厚膜の窒化物半導体を得られる。

【0044】異種基板としては、窒化物窒化物半導体と

異なる材料よりなる基板であれば特に限定されず、例えば、図2に示すC面、R面、A面を主面とするサファイア、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)のような絶縁性基板、SiC(6H、4H、3Cを含む)、ZnS、ZnO、GaAs、Si、及び窒化物半導体と格子整合する酸化物基板等、従来知られている窒化物半導体と異なる基板材料を用いることができる。上記の中で好ましい異種基板としては、サファイアであり、更に好ましくはサファイアのC面である。更に、ELOG基板の内部に微細なクラックの発生を防止できる等の点から、サファイアのC面がステップ状にオフアングルされ、オフアングル角θ(図3に示されるθ)が0.1°~0.3°の範囲のものが好ましい。オフアングル角θが0.1°未満であるとレーザ素子の特性が安定し易くなり、またELOG基板の内部に微細なクラックが発生しやすくなる傾向があり、一方オフ角が0.3°を超えると、ELOG成長の窒化物半導体の面状態がステップ状になり、その上に素子構造を成長させるとステップが若干強調され、素子のショート及びしきい値上昇を招き易くなる傾向がある。ここで、上記の微細なクラックは、結晶の格子定数の相違による転位より微細なものであり、ELOG基板内部から発生する傾向のものである。

【0045】上記のようなステップ状にオフアングルされたサファイア等の異種基板上に、保護膜を、直接又は一旦窒化物半導体を成長させてから形成する。保護膜としては、保護膜表面に窒化物半導体が成長しないかまたは成長しにくい性質を有する材料であれば特に限定されないが、例えば酸化ケイ素(SiO<sub>x</sub>)、窒化ケイ素(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)、酸化ジルコニウム(ZrO<sub>2</sub>)等の酸化物、窒化物、またこれらの多層膜の他、1200℃以上の融点を有する金属等を用いることができる。好ましい保護膜材料としては、SiO<sub>2</sub>及びSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>が挙げられる。保護膜材料を窒化物半導体等の表面に形成するには、例えば蒸着、スパッタ、CVD等の気相製膜技術を用いることができる。また、部分的(選択的)に形成するためには、フォトリソグラフィ技術を用いて、所定の形状を有するフォトマスクを作製し、そのフォトマスクを介して、前記材料を気相製膜することにより、所定の形状を有する保護膜を形成できる。保護膜の形状は、特に限定されないが、例えばドット、ストライプ、基盤面状の形状で形成でき、好ましくはストライプ状の形状でストライプがオリエンテーションフラット面(サファイアのA面)に垂直になるように形成される。また保護膜が形成されている表面積は、保護膜が形成されていない部分の表面積より大きい方が転位を防止して良好な結晶性を有する窒化物半導体基板を得ることができる。

【0046】また、保護膜がストライプ形状である場合の保護膜のストライプ幅と保護膜が形成されていない部分(窓部)の幅との関係は、10:3以上、好ましくは



16~18:3である。保護膜のストライプ幅と窓部の幅が上記の関係にあると、窒化物半導体が良好の保護膜を覆い易くなり、且つ転位を良好に防止することができる。保護膜のストライプ幅としては、例えば6~27 $\mu\text{m}$ 、好ましくは11~24 $\mu\text{m}$ であり、窓部の幅としては、例えば2~5 $\mu\text{m}$ 、好ましくは2~4 $\mu\text{m}$ である。また、ELOG基板上に素子構造を形成しp型窒化物半導体層の最上層にリッジ形状のストライプを形成する場合、リッジ形状のストライプが、保護膜上部であって、且つ保護膜の中心部分を避けて形成されていることがしきい値を低下させることができ、素子の信頼性を向上させるのに好ましい。このことは、保護膜上部の窒化物半導体の結晶性は、窓部上部のその結晶性に比べて良好であるためしきい値を低下させるのに好ましいからである。また保護膜の中心付近は、窓部から成長した隣接する窒化物半導体同士が横方向の成長によって接合する部分でありこのような接合箇所に空隙の生じる場合があり、この空隙の上部にリッジ形状のストライプが形成されると、レーザ素子の動作中に空隙から転位が伝播し易いため素子の信頼性が劣化する傾向があるからである。

【0047】保護膜は、異種基板に直接形成されてもよいが、低温成長のバッファ層を形成させ、更に高温成長のバッファ層を成長させた上に、形成させることが転位を防止するのに好ましい。低温成長のバッファ層としては、例えばAlN、Ga<sub>2</sub>N、AlGa<sub>2</sub>N、及びInGa<sub>2</sub>N等のいずれかを900℃以下200℃以上の温度で、膜厚数十オングストローム~数百オングストロームで成長させてなるものである。この低温成長のバッファ層は、異種基板と高温成長のバッファ層との格子定数不正を緩和し転位の発生を防止するのに好ましい。高温成長のバッファ層としては、アンドープのGa<sub>2</sub>N、n型不純物をドーパしたGa<sub>2</sub>N、またSiをドーパしたGa<sub>2</sub>Nを用いることができ、好ましくはアンドープのGa<sub>2</sub>Nである。またこれらの窒化物半導体は、高温、具体的には900℃~1100℃、好ましくは1050℃でバッファ層上に成長される。膜厚は特に限定されないが、例えば1~20 $\mu\text{m}$ 、好ましくは2~10 $\mu\text{m}$ である。

【0048】次に保護膜を形成した上に、窒化物半導体を選択成長させてELOG基板を得る。この場合、成長させる窒化物半導体としては、アンドープのGa<sub>2</sub>N又は不純物(例えばSi、Ge、Sn、Be、Zn、Mn、Cr、及びMg)をドーパしたGa<sub>2</sub>Nが挙げられる。成長温度としては、例えば900℃~1100℃、より具体的には1050℃付近の温度で成長させる。不純物がドーパされていると転位を抑制するのに好ましい。保護膜上に成長させる初期は、成長速度をコントロールし易いMOCVD(有機金属化学気相成長法)等で成長させ、保護膜がELOG成長の窒化物半導体で覆われた後の成長をHVPE(ハライド気相成長法)等で成長させてもよい。

【0049】また、Ga<sub>2</sub>N基板としては、上記方法に加えて、異種基板上に一旦成長された窒化物半導体に凹凸を形成し、凹底部及び/又は凸部上部に保護膜を形成し、この上から再び窒化物半導体を成長させてなるものを用いることができる。また、前記窒化物半導体に凹凸を形成し保護膜を有さない状態(凹底部及び凸部上部に保護膜を形成されていない状態)で、再び窒化物半導体を形成してなるものを用いることができる。

【0050】上記のELOG基板上に、素子構造を成長させる。まず、n型コンタクト層2をELOG基板1上に成長させる。n型コンタクト層としては、n型不純物(好ましくはSi)をドーパしたAl<sub>1-h</sub>Ga<sub>1-h</sub>N(0<h<1)を成長させ、好ましくはhが0.01~0.05のAl<sub>1-h</sub>Ga<sub>1-h</sub>Nを成長させる。n型コンタクト層がAlを含む3元混晶で形成されると、ELOG基板1に微細なクラックが発生していても、微細なクラックの伝播を防止することができ、更に従来の問題点であったELOG基板1とn型コンタクト層との格子定数及び熱膨張係数の相違によるn型コンタクト層への微細なクラックの発生を防止することができ好ましい。n型不純物のドーパ量としては、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ である。このn型コンタクト層2にn電極が形成される。n型コンタクト層2の膜厚としては、1~10 $\mu\text{m}$ である。また、ELOG基板1とn型コンタクト層2との間に、アンドープのAl<sub>1-h</sub>Ga<sub>1-h</sub>N(0<h<1)を成長させてもよく、このアンドープの層を成長させると結晶性が良好となり、寿命特性を向上させるのに好ましい。アンドープn型コンタクト層の膜厚は、数 $\mu\text{m}$ である。

【0051】次に、クラック防止層3をn型コンタクト層2上に成長させる。クラック防止層3としては、SiドーパのIn<sub>j</sub>Ga<sub>1-j</sub>N(0.05≤j≤0.2)を成長させ、好ましくはjが0.05~0.08のIn<sub>j</sub>Ga<sub>1-j</sub>Nを成長させる。このクラック防止層3は、省略することができるが、クラック防止層3をn型コンタクト層2上に形成すると、素子内のクラックの発生を防止するのに好ましい。Siのドーパ量としては、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ である。また、クラック防止層3を成長させる際に、Inの混晶比を大きく(j≥0.1)すると、クラック防止層3が、活性層6から発光しn型クラッド層4から漏れ出した光を吸収することができ、レーザ光のファーフィールドパターンの乱れを防止することができ好ましい。クラック防止層の膜厚としては、結晶性を損なわない程度の厚みであり、例えば具体的には0.05~0.3 $\mu\text{m}$ である。

【0052】次に、n型クラッド層4をクラック防止層3上に成長させる。n型クラッド層4としては、前記した通りである。

【0053】次に、n型ガイド層5をn型クラッド層4上に成長させる。n型ガイド層5としては、前記した通

りである。

【0054】次に、活性層6をn型ガイド層5上に成長させる。活性層としては、前記した通りである。

【0055】次に、p型電子閉じ込め層7を活性層6上に成長させる。p型電子閉じ込め層7としては、Mgドープの $\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 < d \leq 1$ ) からなる少なくとも1層以上を成長させてなるものである。好ましくはdが0.1~0.5のMgドープの $\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$ である。p型電子閉じ込め層7の膜厚は、10~1000オングストローム、好ましくは50~200オングストロームである。膜厚が上記範囲であると、活性層6内の電子を良好に閉じ込めることができ、且つバルク抵抗も低く抑えることができ好ましい。またp型電子閉じ込め層7のMgのドーパ量は、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ である。ドーパ量がこの範囲であると、バルク抵抗を低下させることに加えて、後述のアンドープで成長させるp型ガイド層8へMgが良好に拡散され、薄膜層であるp型ガイド層8にMgを $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の範囲で含有させることができる。またp型電子閉じ込め層7は、低温、例えば850~950℃程度の活性層を成長させる温度と同様の温度で成長させると活性層の分解を防止することができ好ましい。またp型電子閉じ込め層7は、低温成長の層と、高温、例えば活性層の成長温度より100℃程度の温度で成長させる層との2層から構成されていてもよい。このように、2層で構成されていると、低温成長の層が活性層の分解を防止し、高温成長の層がバルク抵抗を低下させるので、全体的に良好となる。またp型電子閉じ込め層7が2層から構成される場合の各層の膜厚は、特に限定されないが、低温成長層は10~50オングストローム、高温成長層は50~150オングストロームが好ましい。

【0056】次に、p型ガイド層8をp型電子閉じ込め層7上に成長させる。p型ガイド層8としては、前記した通りである。

【0057】次に、p型クラッド層9をp型ガイド層8に成長させる。p型クラッド層としては、前記した通りである。

【0058】次に、p型コンタクト層10をp型クラッド層9上に成長させる。p型コンタクト層としては、MgドープのGaNからなる窒化物半導体層を成長させてなるものである。膜厚は10~200オングストロームである。Mgのドーパ量は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ である。このよう膜厚とMgのドーパ量を調整することにより、p型コンタクト層のキャリア濃度が上昇し、p電極をのオーミックがとりやすくなる。

【0059】本発明の素子において、リッジ形状のストライプは、p型コンタクト層からエッチングされてp型コンタクト層よりも下側(基板側)までエッチングされることにより形成される。例えば図1に示すようなp型

コンタクト層10からp型クラッド層9の途中までエッチングしてなるストライプ、又はp型コンタクト層10からn型コンタクト層2までエッチングしてなるストライプなどが挙げられる。

【0060】エッチングして形成されたリッジ形状のストライプの側面やその側面に連続した窒化物半導体層の平面に、例えば図1に示すように、レーザ導波路領域の屈折率より小さい値を有する絶縁膜が形成されている。ストライプの側面等に形成される絶縁膜としては、例えば、屈折率が約1.6~2.3付近の値を有する、Si、V、Zr、Nb、Hf、Taよりなる群から選択された少なくとも一種の元素を含む窒化物や、BN、AlN等が挙げられ、好ましくは、Zr及びHfの酸化物のいずれか1種以上の元素や、BNである。さらにこの絶縁膜を介してストライプの最上層にあるp型コンタクト層10の表面にp電極が形成される。エッチングして形成されるリッジ形状のストライプの幅としては、0.5~4μm、好ましくは1~3μmである。ストライプの幅がこの範囲であると、水平横モードが単一モードになり易く好ましい。また、エッチングがp型クラッド層9とレーザ導波路領域との界面よりも基板側にかけてなされていると、アスペクト比を1に近づけるのに好ましい。以上のように、リッジ形状のストライプのエッチング量や、ストライプ幅、さらにストライプの側面の絶縁膜の屈折率などを特定すると、単一モードのレーザ光が得られ、さらにアスペクト比を円形に近づけるられ、レーザビームやレンズ設計が容易となり好ましい。また本発明の素子において、p電極やn電極等は従来公知の種々のものを適宜選択して用いることができる。

【0061】また、本発明において、窒化物半導体の成長は、MOVPE(有機金属気相成長法)、MOCVD(有機金属化学気相成長法)、HVPE(ハライド気相成長法)、MBE(分子線エピタキシー法)等、窒化物半導体を成長させるのに知られている全ての方法を適用できる。

【0062】

【実施例】以下に本発明の一実施の形態である実施例を示す。しかし本発明はこれに限定されない。

【0063】[実施例1] 実施例1として、図1に示される本発明の一実施の形態である窒化物半導体レーザ素子を製造する。また発明の詳細な説明に記載したように、In組成比の理論値の計算式の値と、量子井戸構造をとる量子準位の形成による短波長へのシフトなどによる実際の発振波長とは異なるために、実施例の活性層のIn組成比は近似的な値である。

【0064】異種基板として、図3に示すようにステップ状にオフアングルされたC面を主面とし、オフアングル角 $\theta = 0.15^\circ$ 、ステップ段差おおよそ20オングストローム、テラス幅Wおおよそ800オングストロームであり、オリフラ面をA面とし、ステップがA面に垂直で

あるサファイア基板を用意する。このサファイア基板を反応容器内にセットし、温度を510℃にして、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、サファイア基板上にGa<sub>2</sub>Nよりなる低温成長のバッファ層を200オングストロームの膜厚で成長させる。バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1050℃まで上昇させ、1050℃になったら、原料ガスにTMG、アンモニア、シランガスを用い、アンドープのGa<sub>2</sub>Nからなる高温成長のバッファ層を5μmの膜厚で成長させる。次に、高温成長のバッファ層を積層したウェーハ上にストライプ状のフォトリソを形成し、CVD装置によりストライプ幅18μm、窓部の幅3μmのSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を0.1μmの膜厚で形成する。保護膜のストライプ方向はサファイアA面に対して垂直な方向である。保護膜形成後、ウェーハを反応容器に移し、1050℃にて、原料ガスにTMG、アンモニアを用い、アンドープのGa<sub>2</sub>Nよりなる窒化物半導体層を15μmの膜厚で成長させELOG基板1とする。得られたELOG基板1上に以下の素子構造を積層成長させる。

【0065】（アンドープn型コンタクト層）[図1には図示されていない]

ELOG基板1上に、1050℃で原料ガスにTMA（トリメチルアルミニウム）、TMG、アンモニアガスを用いアンドープのAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなるn型コンタクト層を1μmの膜厚で成長させる。

（n型コンタクト層2）次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアガスを用い、不純物ガスにシランガス（SiH<sub>4</sub>）を用い、Siを $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nよりなるn型コンタクト層2を3μmの膜厚で成長させる。成長されたn型コンタクト層2には、微細なクラックが発生しておらず、微細なクラックの発生が良好に防止されている。また、ELOG基板1に微細なクラックが生じていても、n型コンタクト層2を成長させることで微細なクラックの伝播を防止でき結晶性の良好な素子構造を成長させることができる。結晶性の改善は、n型コンタクト層2のみの場合より、上記のようにアンドープn型コンタクト層を成長させることによりより良好となる。

【0066】（クラック防止層3）次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMG、TMI（トリメチルインジウム）及びアンモニアを用い、不純物ガスにシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nよりなるクラック防止層3を0.15μmの膜厚で成長させる。

【0067】（n型クラッド層4）次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nよりなる第1の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてシランガ

スを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>2</sub>Nよりなる第3の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ140回繰り返して第1の窒化物半導体と第3の窒化物半導体を積層し、総膜厚7000オングストロームの多層膜（超格子構造）よりなるn型クラッド層4を成長させる。但し、2回目以降の第1の窒化物半導体のAl組成は、徐々に少なくなるように原料ガスのTMAの流量を調整して、140回目の第1の窒化物半導体には、Al組成が含まれないGa<sub>2</sub>NとなるようにAl組成が組成傾斜されている。

【0068】（n型ガイド層5）次に、温度を850℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのIn<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Nよりなる第2の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMIを止め、アンドープのGa<sub>2</sub>Nよりなる第4の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ40回繰り返して第2の窒化物半導体と第4の窒化物半導体を積層し、総膜厚2000オングストロームの多層膜よりなるn型ガイド層を成長させる。但し、第2の窒化物半導体のIn組成比を示すdの値を、1回目は0とし、2回目以降は徐々に値を大きくしていき、活性層に最も接近している第2の窒化物半導体のdの値が0.1となるように、In組成が組成傾斜されている。

【0069】（活性層6）次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nよりなる障壁層を100オングストロームの膜厚で成長させる。続いて、シランガスを止め、アンドープのIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる井戸層を30オングストロームの膜厚で成長させる。この操作を4回繰り返して、最後に障壁層を積層した総膜厚620オングストロームの多重量子井戸構造（MQW）の活性層6を成長させる。

【0070】（p型電子閉じ込め層7）次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Mgを $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Nよりなるp型電子閉じ込め層7を100オングストロームの膜厚で成長させる。

【0071】（p型ガイド層8）次に、温度を850℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのIn<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Nよりなる第2の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMIを止め、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>2</sub>Nよりなる第4の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ40回繰り返して第2の窒化物半導体と第4の窒化物半導体を積層

10

20

30

40

50

し、総膜厚2000オングストロームの多層膜層よりなるp型ガイド層を成長させる。但し、第2の窒化物半導体のIn組成比を示すdの値を、1回目は0.1とし、2回目以降は徐々に値を小さくしていき、活性層に最も遠い第2の窒化物半導体のdの値が0となるように、In組成が組成傾斜されている。

【0072】(p型クラッド層9)次に、温度を900℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAl<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Nよりなる第1の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>0.9</sub>Nよりなる第2の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ140回繰り返して第1の窒化物半導体と第3の窒化物半導体を積層し、総膜厚7000オングストロームの多層膜(超格子構造)よりなるp型クラッド層9を成長させる。但し、第1の窒化物半導体のAl組成比を示すaの値を、1回目は0とし、2回目以降は徐々にaの値を大きくしていき、活性層に最も遠い第1の窒化物半導体のaの値が0.15となるように、Al組成が組成傾斜されている。

【0073】(p型コンタクト層10)次に、同様の温度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>0.9</sub>Nよりなるp型コンタクト層10を150オングストロームの膜厚で成長させる。

【0074】反応終了後、反応容器内において、ウェハを窒素雰囲気中、700℃でアニーリングを行い、p型層を更に低抵抗化する。アニーリング後、ウェハを反応容器から取り出し、最上層のp側コンタクト層の表面にSiO<sub>2</sub>よりなる保護膜を形成して、RIE(反応性イオンエッチング)を用いSiCl<sub>4</sub>ガスによりエッチングし、図4に示すように、n電極を形成すべきn側コンタクト層2の表面を露出させる。次に図4(a)に示すように、最上層のp側コンタクト層10のほぼ全面に、PVD装置により、Si酸化物(主として、SiO<sub>2</sub>)よりなる第1の保護膜61を0.5μmの膜厚で形成した後、第1の保護膜61の上に所定の形状のマスクをかけ、フォトリソよりなる第3の保護膜63を、ストライプ幅1.8μm、厚さ1μmで形成する。次に、図4(b)に示すように第3の保護膜63形成後、RIE(反応性イオンエッチング)装置により、CF<sub>4</sub>ガスを用い、第3の保護膜63をマスクとして、前記第1の保護膜をエッチングして、ストライプ状とする。その後エッチング液で処理してフォトリソのみを除去することにより、図4(c)に示すようにp側コンタクト層10の上にストライプ幅1.8μmの第1の保護膜61が形成できる。

【0075】さらに、図4(d)に示すように、ストライプ

イブ状の第1の保護膜61形成後、再度RIEによりSiCl<sub>4</sub>ガスを用いて、p側コンタクト層10、およびp側クラッド層9をエッチングして、ストライプ幅1.8μmのリッジ形状のストライプを形成する。但し、リッジ形状のストライプは、図1に示すように、ELOG成長を行う際に形成した保護膜の上部で且つ保護膜の中心部分を除くように形成される。リッジストライプ形成後、ウェーハをPVD装置に移送し、図4(e)に示すように、Zr酸化物(主としてZrO<sub>2</sub>)よりなる第2の保護膜62を、第1の保護膜61の上と、エッチングにより露出されたp側クラッド層9の上に0.5μmの膜厚で連続して形成する。このようにZr酸化物を形成すると、p-n面の絶縁をとるためと、横モードの安定を図ることができ好ましい。次に、ウェーハをフッ酸に浸漬し、図4(f)に示すように、第1の保護膜61をリフトオフ法により除去する。

【0076】次に図4(g)に示すように、p側コンタクト層10の上の第1の保護膜61が除去されて露出したそのp側コンタクト層の表面にNi/Auよりなるp電極20を形成する。但しp電極20は100μmのストライプ幅として、この図に示すように、第2の保護膜62の上に渡って形成する。第2の保護膜62形成後、図1に示されるように露出させたn側コンタクト層2の表面にはTi/Alよりなるn電極21をストライプと平行な方向で形成する。

【0077】以上のようにして、n電極とp電極とを形成したウェーハのサファイア基板を研磨して70μmとした後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、基板側からバー状に劈開し、劈開面(11-00面、六角柱状の結晶の側面に相当する面=M面)に共振器を作製する。共振器面にSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜を形成し、最後にp電極に平行な方向で、バーを切断して図1に示すようなレーザ素子とする。なお共振器長は300~500μmとすることが望ましい。得られたレーザ素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みた。その結果、室温においてしきい値2.5kA/cm<sup>2</sup>、しきい値電圧5Vで、発振波長がほぼ455nmの連続発振が確認され、室温で1000時間以上の寿命を示す。

【0078】[実施例2] 実施例1において、p型ガイド層及びp型クラッド層を以下のようにする他は同様にして、レーザ素子を作製する。

【0079】(p型ガイド層8) 温度を850℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる1回目の第2の窒化物半導体を50オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、1回目の第2の窒化物半導体よりIn組成が少なくなるように原料ガスの流量を調整する他は同様にして、Mgを $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたIn

21

GaNよりなる2回目の第2の窒化物半導体を50オングストロームの膜厚で成長させる。このように第2の窒化物半導体のIn組成が徐々に少なくなるように操作を繰り返し、活性層から最も遠い第2の窒化物半導体にはIn組成が含まれないGaNとして、In組成の異なる複数の第2の窒化物半導体を積層し、総膜厚750オングストロームの、In組成の組成傾斜されているp型ガイド層を成長させる。

【0080】(p型クラッド層9)次に、温度を900℃にして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなる1回目の第1の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、原料ガスとしてTMAを加える他は同様にして、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる2回目の第1の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させる。このように第1の窒化物半導体のAl組成が徐々に多くなるように操作を繰り返し、活性層から最も遠い第1の窒化物半導体がAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nとなるようにして、Al組成の異なる複数の第1の窒化物半導体を積層し、総膜厚5000オングストロームの、Al組成の組成傾斜されているp型クラッド層9を成長させる。得られたレーザ素子は、実施例1とほぼ同様に良好なレーザ発振をした。

【0081】[実施例3]実施例1において、n型及びp型ガイド層及びn型及びp型クラッド層を以下のようにする他は同様にして、レーザ素子を作製する。

【0082】(n型クラッド層4)温度を1050℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてシランガスを用い、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる1回目の第1の窒化物半導体を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、1回目の第1の窒化物半導体よりAl組成が少ない他は同様にして、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープした2回目の第1の窒化物半導体を成長させる。このようにAl組成が徐々に少なくなるように操作を繰り返し、活性層に最も接近している第1の窒化物半導体がAl組成を含まないGaNとして、Al組成の異なる複数の第1の窒化物半導体を積層し、総膜厚7000オングストロームの、Al組成の組成傾斜されているn型クラッド層を成長させる。

【0083】(n型ガイド層5)温度を850℃にして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGaNよりなる1回目の第2の窒化物半導体を30オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、原料ガスとしてTMIを加える他は同様にして、In組成が少し含まれるアンドープのInGaNよりなる2回目の第2の窒化物半導体を30オングストロームの膜厚で成長させる。このように第2の窒化物半導体のIn組成が徐々に多くなるように操作を繰り返し、活性層に最も接近し

22

ている第2の窒化物半導体にはIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる第2の窒化物半導体を成長させ、In組成の異なる複数の第2の窒化物半導体を積層し、総膜厚750オングストロームの、In組成の組成傾斜されているn型ガイド層を成長させる。

【0084】(p型ガイド層8)p型ガイド層としては、前記実施例2と同様のものを成長させる。

【0085】(p型クラッド層9)p型クラッド層としては、前記実施例2と同様のものを成長させる。

【0086】得られたレーザ素子は、実施例1と比較すると、寿命特性がやや低下するが、実施例1とほぼ同様に良好なレーザ発振をした。また、多層膜を形成していないので、実施例1に比べて成長時間が短縮できる。

【0087】[実施例4]実施例3において、p型クラッド層を以下のようにする他は同様にして、レーザ素子を作製する。

【0088】(p型クラッド層9)次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>NよりなるA層を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなるB層を25オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ100回繰り返してA層とB層とを積層し、総膜厚5000オングストロームの多層膜(超格子構造)よりなるp型クラッド層9を成長させる。

【0089】得られたレーザ素子は、実施例3とほぼ同様に良好なレーザ発振をおこなうことができる。

【0090】[実施例5]実施例3において、n型ガイド層及びp型クラッド層を以下のようにする他は同様にして、レーザ素子を作製する。

【0091】(n型ガイド層5)次に、同様の温度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGaNよりなるn型ガイド層を0.075μmの膜厚で成長させる。

【0092】(p型クラッド層)p型クラッド層は、上記実施例4と同様のものを成長させる。

【0093】得られたレーザ素子は、実施例3とほぼ同様に良好なレーザ発振をおこなうことができる。

【0094】[実施例6]実施例3において、p型ガイド層及びp型クラッド層を以下のようにする他は同様にして、レーザ素子を作製する。

【0095】(p型ガイド層8)次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる第2の窒化物半導体を50オングストロームの膜厚で成長させ、続いて、TMIを止め、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなる第4の窒化物半導体を50オングストロームの膜厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ20回繰り返

して第2の窒化物半導体と第4の窒化物半導体を積層し、総膜厚2000オングストロームの多層膜層よりなるp型ガイド層を成長させる。但し、第2の窒化物半導体のIn組成は組成傾斜していない。

【0096】(p型クラッド層) p型クラッド層は、上記実施例4と同様のものを成長させる。

【0097】得られたレーザ素子は、実施例3と比較すると、やや寿命特性が低下するものの、実施例3とほぼ同様に良好なレーザ発振をおこなうことができる。

【0098】[実施例7] 実施例1において、p型電子閉じ込め層7を以下のように2層から構成させる他は同様にして窒化物半導体レーザ素子を作製する。

(p型電子閉じ込め層7) 温度を800℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCp<sub>2</sub>Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドーパしたAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Nよりなる低温成長のA層を30オングストロームの膜厚で成長させ、続いて温度を900℃にして、Mgを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドーパしたAl<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Nよりなる高温成長のB層を70オングストロームの膜厚で成長させてなる低温成長のA層と高温成長のB層との2層からなるp型電子閉じ込め層7を成長させる。得られたレーザ素子は、実施例1と同様に長波長のレーザ光の発振し良好な寿命特性を有する。

【0099】[実施例8] 実施例1において、クラック防止層3を成長させる際に、Inの組成比を0:2として、Siを $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドーパしたIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるクラック防止層3を0.15μmの膜厚で成長させる他は同様にしてレーザ素子を作製する。得られたレーザ素子は、実施例1と同様に長波長のレーザ光の発振し良好な寿命特性を有し、更に活性層6で発光

しn型クラッド層から漏れだした光が良好にレーザ素子内(クラッド防止層3)で吸収され、ファーフールドパターンが実施例1より良好になる。

【0100】

【発明の効果】本発明は、上記のようにガイド層及びクラッド層を組成傾斜させて成長させることにより、結晶にかかる歪みを緩和し、ガイド層や活性層等の結晶性を向上させ、長波長のレーザ光を得ることができる窒化物半導体レーザ素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の一実施の形態である窒化物半導体レーザ素子を示す模式的断面図である。

【図2】図2は、サファイアの面方位を示すユニットセル図である。

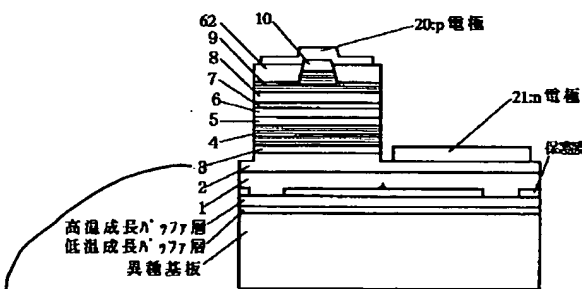
【図3】図3は、オフアングルした異種基板の部分的な形状を示す模式的断面図である。

【図4】図4は、リッジ形状のストライプを形成する一実施の形態である方法の各工程におけるウエハの部分的な構造を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

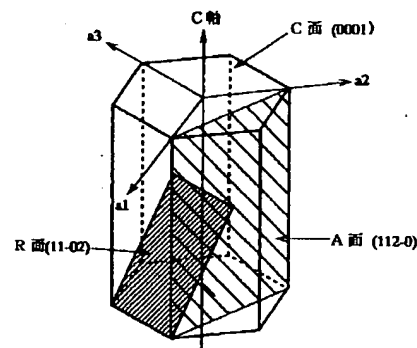
- 1・・・窒化物半導体基板
- 2・・・n型コンタクト層
- 3・・・クラック防止層
- 4・・・n型クラッド層
- 5・・・n型ガイド層
- 6・・・活性層
- 7・・・p型電子閉じ込め層
- 8・・・p型ガイド層
- 9・・・p型クラッド層
- 10・・・p型コンタクト層

【図1】

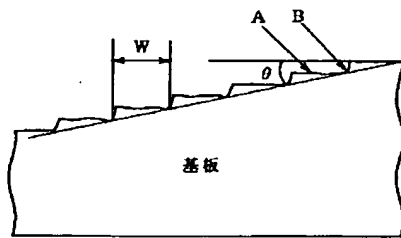


*In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N of 8% doped  
(0.05-0.3 μm)*

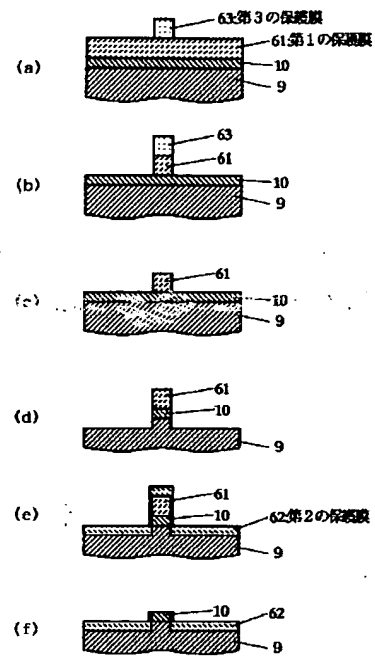
【図2】



【図3】



【図4】



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] the nitride semi-conductor ( $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) component with which this invention is used for electron devices, such as photo detectors, such as light emitting devices, such as LED (light emitting diode), SLD (super luminescent diode), and LD (laser diode), a solar battery, and a photosensor, or a transistor, and a power device, -- being related -- blue (near about 400nm) with especially good optical confinement -- a long wave -- it is related with the nitride semiconductor laser component from which merit's laser beam is obtained.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, this invention person etc. has proposed the usable nitride semiconductor laser component. For example, oscillation wavelength is indicating the nitride semiconductor laser component from which the laser beam near 400nm is obtained to Japanese Journal of Aplide Physics. Vol.37(1998) pp.L309-L312. This component forms partially the protective coat which consists of  $\text{SiO}_2$  on the GaN layer grown up on sapphire. It is a substrate (it may be hereafter called an ELOG substrate) about a nitride semi-conductor with few crystal defects (it may be hereafter called a rearrangement) acquired by carrying out selective growth of the GaN by vapor growth, such as metal-organic chemical vapor deposition (MOVPE), again from moreover, and growing up GaN of a thick film. It carries out and comes to have the barrier layer of multiplex quantum well structure on this ELOG substrate between n mold cladding layer of a multilayers layer (superlattice layer), and p mold cladding layer of a multilayers layer (superlattice layer) at least. The laser component which has such component structure can attain the continuous oscillation of 10,000 hours or more.

[0003] Furthermore, this invention person etc. is studying utilization of the nitride semiconductor laser component from which the laser beam of the long wavelength near 450nm is obtained, using a nitride semi-conductor. a long wave -- making [ many ] In presentation ratio of a barrier layer theoretically in component structure given [ as an approach of obtaining merit's laser beam ] in for example, above-mentioned J.J.A.P. -- a long wave -- merit's light is obtained.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although it will be necessary to include In also in a guide layer and to adjust the refractive index of the guide layer to a barrier layer so that the light which emitted light by the barrier layer can guide the between from n mold guide layer to p mold guide layer good if In mixed-crystal ratio of a barrier layer is made high Compared with the case where a guide layer is formed, the crystallinity of the guide layer of In content will fall to above-mentioned J.J.A.P. very much by GaN of a publication. If the crystallinity of n mold guide layer falls, the crystallinity of a barrier layer will also fall and good luminescence will become is hard to be obtained. Moreover, loss of the light in a guide layer, absorption, dispersion, etc. will arise by the crystalline fall of a guide layer. Furthermore, if In mixed-crystal ratio of a barrier layer is made high, in order for crystallinity to fall, the half-value width of the wavelength at the time of spontaneous emission becomes large, and it is hard coming to make peak wavelength into a laser beam. furthermore -- again -- a long wave -- in order to



carry out laminating growth of the n mold guide layer to which the crystallinity of In content tends to fall on n mold cladding layer of aluminum content into which a crack tends to go in the case of merit's laser component, it is quite difficult to raise the crystallinity of n mold cladding layer.

[0005] Moreover, these people are indicating using a guide layer and a cladding layer as superlattice in order to raise the crystallinity of a cladding layer or a guide layer to JP,10-335757,A. However, with a technique given in the above-mentioned official report, although it is effective, if wavelength is further made into long wavelength to the component from which the laser beam near 400nm is obtained, even if it must make [ many ] the amount of In presentation of a guide layer and will use a guide layer as superlattice, satisfying enough crystallinity is not acquired.

[0006] thus, a long wave -- in order to obtain merit's laser beam, the crystallinity of the barrier layer which made high the guide layer containing In and In mixed-crystal ratio is raised, half-value width of the wavelength at the time of spontaneous emission is narrowed, and to prevent loss of the light in a guide layer etc., absorption, and dispersion is desired.

[0007] Then, the purpose of this invention is offering the nitride semiconductor laser component which crystallinity's, such as a guide layer's and a barrier layer's, can be raised and can obtain the laser beam of long wavelength.

[0008]

[Means for Solving the Problem] That is, this invention can attain the purpose of this invention by the configuration of following the (1) - (3).

(1) In the nitride semiconductor laser component which has n mold cladding layer, n mold guide layer, a barrier layer, p mold guide layer, and p mold cladding layer at least on a substrate As said n mold and/or p mold cladding layer approach a barrier layer It comes to contain the 1st nitride semi-conductor which has  $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a < 1$ ) by which the presentation inclination is carried out so that aluminum presentation may decrease. Said barrier layer is the quantum well structure which comes to contain  $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ). A presentation inclination is carried out so that the presentation of In may increase, as said n mold and/or p mold guide layer approach a barrier layer. However, the nitride semiconductor laser component characterized by coming to contain the 2nd nitride semi-conductor which has  $\text{In}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ ) by which there are few presentations of In than the presentation of In of the well layer of a barrier layer, and they are made.

(2) The nitride semiconductor laser component according to claim 1 characterized by being the multilayers layer to which said n mold and/or p mold cladding layer come to carry out the laminating of said 1st nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 3rd nitride semi-conductor with which the 1st nitride semi-conductor differs from a presentation.

(3) The nitride semiconductor laser component according to claim 1 or 2 characterized by being the multilayers layer to which said n mold and/or p mold guide layer come to carry out the laminating of said 2nd nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 4th nitride semi-conductor with which the 2nd nitride semi-conductor differs from a presentation.

[0009] that is, this invention improves crystallinity, such as a cladding layer, a guide layer, and a barrier layer, by [ which approach the presentation of In of n mold and/or p mold guide layer, and a list in the presentation of aluminum of n mold and/or p mold cladding layer at a barrier layer ] it being alike, taking, and changing gradually, that is, carrying out a presentation inclination -- making -- a long wave - the nitride semiconductor laser component from which merit's laser beam is obtained can be obtained.

[0010] In order that this invention person etc. might raise crystallinity, in addition to there being an inclination to become easy for crystallinity to fall, since the difference of the lattice constant of  $\text{AlGaIn}$  and  $\text{InGaIn}$  was still larger, the distortion of a crystal became large in the plane of composition of a cladding layer and a guide layer, and many things were considered that crystallinity will fall remarkably, when In and aluminum were included in GaN as a result of examination. this invention person etc. made crystalline improvement attain based on this consideration by decreasing distortion which it is carrying out a presentation inclination, and the difference of a lattice constant is gradually changed within a cladding layer or a guide layer, and is produced into a crystal in the inside of each class, and the interface of a guide layer and a cladding layer.

[0011] Although it is known that a threshold will become low by making a presentation incline and considering as GRIN-SCH structure in the semi-conductor of a GaAs system conventionally, even if it includes aluminum in GaAs in this case, the difference of a lattice constant is small and distortion of a crystal seldom produces it.

[0012] On the other hand, this invention solves by easing distortion which changes the difference of a lattice constant gradually by making the presentation of a cladding layer or a guide layer the characteristic trouble in a nitride semi-conductor called the crystalline remarkable fall produced when it is going to attain the oscillation of the laser beam of long wavelength using a nitride semi-conductor incline, and starts a crystal, although the presentation inclination which can serve as GRIN-SCH structure as a result is carried out. In this invention, as a layer by which the presentation inclination is carried out Although the presentation inclination of either [ either / at least / n mold or p mold cladding layer and / at least ] n mold or p mold guide layer should just be carried out, preferably When the presentation inclination of n mold or p mold cladding layer, and n mold and p mold guide layer is carried out and the presentation inclination of n mold cladding layer, n mold guide layer, p mold cladding layer, and the p mold guide layer is carried out more preferably, it is desirable in respect of improvement in crystallinity.

[0013] Furthermore, this invention serves as the structure and GRIN-SCH structure where a refractive index becomes large gradually as a barrier layer will be symmetrically approached on both sides of a barrier layer, if the presentation inclination of n mold and the p mold guide layer is carried out at n mold and p mold cladding layer, and a list, in addition to crystalline improvement, light can be shut up effectually, and a threshold falls. Thus, while crystallinity improves, when a threshold falls, it much more becomes easy to carry out laser oscillation in long wavelength. Moreover, as mentioned above, if the refractive index serves as symmetry focusing on the barrier layer, a part with the high carrier concentration which carries out the inverted population, and the part which gain produces will be in agreement, and luminous efficiency will become good. If the presentation of In is made to increase gradually as a barrier layer is approached by such presentation inclination, i.e., a cladding layer, the presentation of aluminum is decreased gradually and a barrier layer is approached in a guide layer Since the difference of the lattice constant of a crystal becomes small in the interface of a cladding layer and a guide layer For example, whether crystallinity carries out the laminating of the n mold guide layer of crystalline unstable In content on n mold cladding layer of unstable aluminum content or it carries out the laminating of the p mold cladding layer of aluminum content on p mold guide layer of In content, it can be made to grow up with sufficient crystallinity.

[0014] Furthermore, n mold and/or p mold cladding layer of this invention are desirable in respect of improvement in crystallinity by it being the multilayers layer which comes to carry out the laminating of said 1st nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 3rd nitride semi-conductor with which the 1st nitride semi-conductor differs from a presentation. Furthermore, n mold and/or p mold guide layer of this invention are desirable in respect of improvement in crystallinity by it being the multilayers layer which comes to carry out the laminating of said 2nd nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 4th nitride semi-conductor with which the 2nd nitride semi-conductor differs from a presentation.

[0015] In this invention, if it is a presentation inclination and n mold and p mold cladding layer, and n mold and p mold guide layer are used as a multilayers layer, for crystalline improvement and the fall of a threshold, it is desirable and, in addition to the continuous oscillation of the laser beam of long wavelength, continuous oscillation can be performed more for a long time.

[0016]

[Embodiment of the Invention] This invention is further explained using drawing 1. Drawing 1 is the typical sectional view of the nitride semiconductor laser component which is the gestalt of 1 operation of this invention. On the nitride semi-conductor substrate (ELOG substrate) 1 made [ drawing 1 ] to come to carry out selective growth on sapphire The undoping n mold contact layer 2, n mold contact layer 3 of an impurity dope, the crack prevention layer 4, n mold cladding layer 5, n mold guide layer 6, a barrier layer 7, p mold electronic confining layer 8, p mold guide layer 9, p mold cladding layer 10, and p mold

contact layer 11 The nitride semiconductor laser component which has the stripe of the ridge configuration which comes to carry out a laminating to order is shown. And as for this component, the presentation inclination of either [ at least ] n mold of a cladding layer and a guide layer or p mold is carried out. Moreover, p electrode is formed in the maximum upper layer of the stripe of a ridge configuration, and n electrode is formed on n mold contact layer.

[0017] First, as n mold cladding layer and p mold cladding layer of this invention, it is the nitride semiconductor which includes aluminum presentation at least, and either [ at least ] n mold or p mold cladding layer should just be the nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out so that it may decrease as aluminum presentation approaches a barrier layer. Specifically, at least on the other hand, both come preferably to contain the 1st nitride semi-conductor which has  $\text{AlaGa1-aN}$  ( $0 \leq a < 1$ , preferably  $0 \leq a < 0.7$ ) close to a barrier layer of n mold and p mold cladding layer by which the presentation inclination is carried out so that it may be alike, therefore aluminum presentation may decrease. if GaN which does not contain aluminum in the part which the nitride semi-conductor of the above 1st lessened gradually the value of a of a formula close to a barrier layer shown that it is alike, it follows and aluminum presentation decreases by  $\text{AlaGa1-aN}$ , and approached the barrier layer most is grown up -- crystallinity and optical closing -- it is desirable at a deeper point. Thus, by making it small, a lattice constant can be changed gradually, distortion of a crystal within a cladding layer can be made small, generating of the crack in a cladding layer can be prevented, and crystallinity can be raised as aluminum presentation is made to approach a barrier layer. Furthermore, by lessening aluminum presentation in a cladding layer most by the interface of a cladding layer and a guide layer, the difference of the lattice constant of a cladding layer and a guide layer can become small, can reduce distortion produced into the crystal in an interface, and can make crystallinity good.

[0018] As an approach of carrying out a presentation inclination so that it may decrease in the nitride semi-conductor of the above 1st as aluminum presentation approaches a barrier layer So that the amount of supply of the material gas which serves as aluminum presentation at the time of the growth of a cladding layer shown, for example by  $\text{AlaGa1-aN}$  may be made gradually few by n mold cladding layer and it may be made [ many / gradually ] by p mold cladding layer on the other hand, although not limited especially The laminating of two or more 1st nitride semi-conductors with which aluminum mixed-crystal ratios differ is carried out, and aluminum presentation of a cladding layer is made to incline by adjusting closing motion of a bulb or carrying out the laminating of two or more 1st nitride semi-conductors with which aluminum presentations differ.

[0019] furthermore -- if a presentation inclination is carried out as mentioned above again, since the refractive index becomes large gradually toward the barrier layer -- light -- shutting up -- being easy -- if the presentation inclination of n mold and the p mold cladding layer is carried out preferably, on both sides of a barrier layer, it becomes symmetrical, and light will close effectually and eye \*\* will become good.

[0020] Furthermore, in this invention, it is desirable that it is the multilayers layer which comes to carry out the laminating of the 1st [ of n mold cladding layer and p mold cladding layer ] nitride semi-conductor which comes to carry out the presentation inclination of both preferably at least on the other hand, and the 3rd nitride semi-conductor with which the 1st nitride semi-conductor differs from a presentation. In this invention, although it will not be limited as 3rd nitride semi-conductor especially if the 1st nitride semi-conductor differs from a presentation, rather than the 1st nitride semi-conductor, bandgap energy is a desirable small nitride semi-conductor, the nitride semi-conductor which specifically consists of  $\text{IneGa1-eN}$  ( $0 \leq e \leq 1$ ,  $a < e$ ) is mentioned, and it is GaN whose e is 0 preferably. Thus, he is trying for aluminum presentation to become small when it considers as a multilayers layer as two or more 1st nitride semi-conductors in a multilayers layer approach a barrier layer. Although especially the thickness of a monolayer in case a cladding layer is a multilayers layer is not limited, 100A or less, it is 50A or less still more preferably, and is 10A or more 70A or less more preferably. crystalline improvement according that it is the multilayers layer in which a cladding layer comes to contain the 1st nitride semi-conductor by which the presentation inclination was carried out to a presentation inclination -- in addition, the thing for which it is thin and single thickness of each class

which constitutes a multilayers layer is preferably made into the above-mentioned single thickness -- below the elastic criticality thickness of a nitride semi-conductor -- becoming -- generating of a crack -- preventing -- being easy -- the good cladding layer of better crystalline membraneous quality can be grown up. Moreover, closely [ 0 ] that is, a nitride semi-conductor with few In presentations, for example, the 3rd nitride semi-conductor, carries out an operation [ like a buffer layer ] whose 3rd especially crystalline good nitride semi-conductor of GaN is to it being GaN, the 3rd nitride semi-conductor becomes easy for e to grow the 1st nitride semi-conductor of AlGaIn with sufficient crystallinity, and the crystallinity of the whole cladding layer improves. Moreover, InAlN, InGaAlN, etc. may be used as 3rd nitride semi-conductor.

[0021] In this invention, although especially the thickness of n mold cladding layer is not limited, it is 1.5-0.1 micrometers still more preferably 2 micrometers or less more preferably 3 micrometers or less. It is desirable in thickness being the above-mentioned range in respect of the fall of forward voltage (Vf), and crack initiation prevention. Moreover, in this invention, although especially the thickness of p mold cladding layer is not limited, it is 1-0.05 micrometers still more preferably 1.5 micrometers or less more preferably 2 micrometers or less. A field condition becomes good for thickness to be the above-mentioned range, and it is desirable in respect of crack initiation prevention.

[0022] In this invention, in order that n mold cladding layer and p mold cladding layer may make a bulk resistor low and may reduce forward voltage, it is desirable that the impurity is doped. The impurity may be doped by which layer which constitutes a cladding layer, for example, with becoming small as aluminum presentation approaches a barrier layer, when a cladding layer consists of the 1st nitride semi-conductor with which the presentation inclination of the aluminum is carried out, even if it has a constant rate doped regardless of change of aluminum presentation, it may be adjusted and it may be doped so that it may decrease as a barrier layer is approached. As the approach of the dope of a desirable impurity, there is an inclination for being doped so that it may become small to lessen light absorption near [ by the cladding layer ] a barrier layer, for optical loss to fall, and for a threshold to fall as a barrier layer is approached. Furthermore, when it has decreased as the impurity of a cladding layer approaches a barrier layer, the interface of a cladding layer and a guide layer has few impurities, and they are desirable to it at the point which makes small distortion produced into a crystal.

[0023] Moreover, when a cladding layer is a multilayers layer which comes to carry out the laminating of the 1st nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 3rd nitride semi-conductor, an impurity is doped by one of layers, or both layers, it crawls on it preferably, it is doped by a gap or one side, and is more preferably doped by the 3rd nitride semi-conductor. When doping an impurity to a cladding layer, and the 3rd nitride semi-conductor consists of GaN and the impurity is doped by this 3rd nitride semi-conductor, it makes low a bulk resistor and is desirable, without reducing crystallinity. When the impurity is doped by both nitride semi-conductors, even if the amounts of dopes of an impurity differ, even when they are the same, they are good, and it is desirable that the high impurity concentration of the single nitride semi-conductor layer which adjoins in two or more layers which constitute the multilayers layer differs.

[0024] As an n mold impurity used in this invention, Si, germanium, Sn, S, O, etc. are mentioned and they are Si and Sn preferably. As a p mold impurity used in this invention, Mg, Zn, Be, and calcium are mentioned and it is Mg preferably.

[0025] n mold high impurity concentration of n mold cladding layer is  $5 \times 10^{17}$  to  $5 \times 10^{19}$  /cm<sup>3</sup> more preferably three or less  $5 \times 10^{19}$  /cm<sup>3</sup> three or less  $1 \times 10^{20}$  /cm<sup>3</sup>. High impurity concentration is desirable Vf and in respect of crystallinity in it being this range. When n mold impurity changes with the inclination of aluminum presentation, it is suitably adjusted within the limits of the above-mentioned high impurity concentration. p mold high impurity concentration of p mold cladding layer is the same as that of the value of the above-mentioned n mold high impurity concentration. When changing with the inclination of aluminum presentation of p mold high impurity concentration, it is suitably adjusted within the limits of the above-mentioned high impurity concentration.

[0026] Next, as n mold guide layer of this invention, and a p mold guide layer, to be the nitride semi-conductor which includes In presentation at least, and what is necessary is just the nitride semi-

conductor by which the presentation inclination is further carried out so that either [ at least ] n mold or p mold guide layer may increase as In presentation approaches a barrier layer. Preferably, specifically, at least on the other hand, it comes to contain the 2nd nitride semi-conductor layer which has  $\text{In}_{1-d}\text{Ga}_d\text{N}$  ( $0 \leq d < 1$ , preferably  $0 \leq d < 0.6$ ) of n mold and p mold guide layer by which the presentation inclination is carried out so that In presentation may increase as both approach a barrier layer. The amount of In presentation of the 2nd nitride semi-conductor is adjusted that it is less than [ the same amount / at least / many and more desirable than the amount of In presentation of the well layer of a barrier layer, or it ].

[0027] The nitride semi-conductor of the above 2nd enlarges gradually the value of d of a formula shown that In presentation decreases by  $\text{In}_{1-d}\text{Ga}_d\text{N}$ , and forms most guide layers of In presentation in the part which approached the barrier layer most as it approaches a barrier layer. Thus, by carrying out the presentation inclination of the In presentation, the difference of the lattice constant of the cladding layer in an interface with said cladding layer and the lattice constant of a guide layer can serve as min, distortion concerning a crystal can be eased, and the crystallinity of p mold cladding layer grown up on n mold guide layer grown up on n mold cladding layer and p mold guide layer can be raised. Furthermore, since he is trying for In presentation to increase most within a guide layer in the guide layer of the part which is most close to a barrier layer, the crystallinity of a barrier layer including many In presentations can also be made good. If the crystallinity of a guide layer improves, in case the light which emitted light by the barrier layer will guide a guide layer, loss of light, absorption, or dispersion is prevented, light closes, and eye \*\* improves.

[0028] As an approach of carrying out a presentation inclination so that it may increase in the nitride semi-conductor of the above 2nd as In presentation approaches a barrier layer Although not limited especially, the amount of supply of the material gas which serves as In presentation like the above-mentioned cladding layer at the time of growth of the guide layer shown by  $\text{In}_{1-d}\text{Ga}_d\text{N}$  So that it may be gradually made [ many ] in n mold guide layer and may lessen gradually in p mold guide layer on the other hand The laminating of two or more 2nd nitride semi-conductors with which In mixed-crystal ratios differ is carried out, and In presentation of a guide layer is made to incline by adjusting closing motion of a bulb or carrying out the laminating of two or more 2nd nitride semi-conductors with which In presentations differ.

[0029] furthermore -- if a presentation inclination is carried out as mentioned above again, since the refractive index becomes large gradually toward the barrier layer -- light -- shutting up -- being easy -- if the presentation inclination of n mold and the p mold guide layer is carried out preferably -- a barrier layer -- inserting -- symmetrical -- becoming -- effectual -- light -- shutting up -- although -- being good -- becoming . furthermore, a barrier layer will be approached, if the presentation inclination of n mold and the p mold guide layer is carried out and the presentation inclination of the above-mentioned n mold and the p mold cladding layer is carried out -- alike -- following -- from a cladding layer -- gradually -- a refractive index -- large -- becoming -- crystalline improvement -- in addition, light can be shut up good effectually and it is desirable.

[0030] Furthermore, in this invention, it is desirable that it is the multilayers layer which comes to carry out the laminating of the 2nd [ of n mold guide layer and p mold guide layer ] nitride semi-conductor which comes to carry out the presentation inclination of both preferably at least on the other hand, and the 4th nitride semi-conductor with which the 2nd nitride semi-conductor differs from a presentation. also consisting of  $\text{In}_f\text{Ga}_{1-f}\text{N}$  ( $0 \leq f < 1$ ) or  $\text{Al}_g\text{Ga}_{1-g}\text{N}$  ( $0 \leq g < 1$ ), for example, although it will not be limited as 4th nitride semi-conductor in this invention especially if the 1st nitride semi-conductor differs from a presentation -- although -- it is mentioned. It is desirable for raising the crystallinity of a guide layer preferably, as the 4th nitride semi-conductor is GaN. Thus, he is trying for its In presentation to increase, when it considers as a multilayers layer as two or more 2nd nitride semi-conductors in a multilayers layer approach a barrier layer. Although especially the thickness of a monolayer in case a guide layer is a multilayers layer is not limited, 100A or less, it is 50A or less still more preferably, and is 10A or more 70A or less more preferably. By being thin and making preferably into the above-mentioned single thickness single thickness of each class which constitutes a multilayers layer in

addition to crystalline improvement according that it is the multilayers layer in which a guide layer comes to contain the 2nd nitride semi-conductor by which the presentation inclination was carried out to a presentation inclination, it becomes below the elastic criticality thickness of a nitride semi-conductor, and the good guide layer of better crystalline membrane quality can be grown up. Moreover, in case the 4th nitride semi-conductor forms a multilayers layer as it is GaN, crystalline good GaN carries out an operation like a buffer layer, it becomes easy to grow up InGaN which is the 2nd nitride semi-conductor with sufficient crystallinity, and the crystallinity of the whole guide layer improves.

[0031] In this invention, although especially the thickness of n mold and p mold guide layer is not limited, it is 2.5-0.05 micrometers still more preferably 3 micrometers or less more preferably 5 micrometers or less. thickness is the above-mentioned range -- crystallinity, Vf, and optical closing -- it is desirable at a deeper point.

[0032] Moreover, in this invention, n mold impurity may be doped and n mold guide layer is undoping preferably. Since it comes to contain In presentation and n mold is shown even when not doping an impurity, when the 2nd nitride semi-conductor is crystalline good undoping, it becomes [ the crystallinity of n mold guide layer ] good and is desirable. Moreover, in this invention, p mold impurity may be doped and, as for p mold guide layer, p mold impurity is doped preferably. The guide layer which comes to contain In presentation is desirable in respect of doping p mold impurity in p mold guide layer, and making a bulk resistor low etc. in order to show n mold by undoping.

[0033] With becoming small as In presentation approaches a barrier layer, when consisting of the 1st nitride semi-conductor with which it may be doped by which layer which constitutes a guide layer, for example, the presentation inclination of the In presentation of a guide layer is carried out, it may be adjusted and the impurity may be doped so that it may increase, as a barrier layer is approached, even if a constant rate is doped regardless of change of In presentation.

[0034] Moreover, when a guide layer is a multilayers layer which comes to carry out the laminating of the 2nd nitride semi-conductor by which the presentation inclination is carried out, and the 4th nitride semi-conductor, although it may be doped by one of layers, or both layers, it crawls on an impurity preferably, it is doped by a gap or one side, and is doped by the 4th nitride semi-conductor from a more desirable crystalline point. Without reducing crystallinity, if the 4th nitride semi-conductor consists of GaN and the impurity is doped by this 4th nitride semi-conductor, when doping an impurity in a guide layer, a bulk resistor can be made low and it is desirable. When the impurity is doped by both the 2nd nitride semi-conductor and the 4th nitride semi-conductor, even if the amounts of dopes of an impurity differ, even when they are the same, they are good, and it is desirable that the high impurity concentration of the single nitride semi-conductor layer which adjoins in two or more layers which constitute the multilayers layer differs.

[0035] As n mold impurity used for the guide layer of this invention, and a p mold impurity, the same thing as the impurity in which a dope is possible can be mentioned to said cladding layer. n mold high impurity concentration in the case of doping n mold impurity in n mold guide layer is three or less  $1 \times 10^{19}$  /cm and the most desirable undoping with good crystallinity more preferably three or less  $5 \times 10^{19}$  /cm three or less  $1 \times 10^{20}$  /cm. When n mold impurity changes with the inclination of In presentation, it is suitably adjusted within the limits of the above-mentioned high impurity concentration. p mold high impurity concentration of p mold guide layer is  $1 \times 10^{19}$  to  $1 \times 10^{16}$  /cm<sup>3</sup> more preferably three or less  $5 \times 10^{19}$  /cm three or less  $1 \times 10^{20}$  /cm. p mold high impurity concentration is desirable resistance and in respect of crystallinity in it being this range. When changing with the inclination of In presentation of high impurity concentration, it is suitably adjusted within the limits of the above-mentioned high impurity concentration.

[0036] Next, as a barrier layer of this invention, it is the single quantum well structure or multiplex quantum well structure which comes to contain  $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 \leq b < 1$ ), and is multiplex quantum well structure preferably. When it is multiplex quantum well structure, it improves [ a radiant power output ] and is more desirable than single quantum well structure.

[0037] Especially as a barrier layer of this invention, although not limited, long wavelength and the thing to which In presentation ratio of a well layer is adjusted so that oscillation wavelength may turn.

into long wavelength of 420nm or more preferably are mentioned for oscillation wavelength from 400nm. Furthermore, as an example of the barrier layer of this invention, when a barrier layer is multiplex quantum well structure, as a desirable well layer, b is InbGa1-bN of 0.1-0.6, and InbGa1-bN of 0-0.1 is mentioned for b as a desirable barrier layer in approximation. Moreover, an impurity may be doped to both the well layer which constitutes a barrier layer, and both [ either or ]. A threshold falls and is desirable when a barrier layer is made to dope an impurity preferably. As an impurity, n mold or p mold may be used. As thickness of a well layer, it is 10A or more preferably, and 70A or less 100A or less is 30-60A more preferably. Moreover, as thickness of a barrier layer, it is 10A or more preferably, and 100A or less 150A or less is 90-150A more preferably.

[0038] When a barrier layer is multiplex quantum well structure, even if it begins from a barrier layer and finishes with a well layer as order of a laminating of the barrier layer which constitutes a barrier layer, and a well layer, it begins from a barrier layer, even if it finishes it as a barrier layer, it begins from a well layer, and even if it finishes it as a barrier layer, it may begin from a well layer and you may finish with a well layer. It is desirable for beginning from a barrier layer preferably, and the thing which comes to repeat the pair of a well layer and a barrier layer 2 to 5 times, and the thing which comes to repeat the pair of a well layer and a barrier layer 3 times preferably making a threshold low, and raising a life property.

[0039] Although an approximation-example was given also to the above as a concrete value that what is necessary is just to have adjusted In presentation ratio so that it might become the oscillation wavelength for which it asks as adjustment of In presentation ratio of the well layer of a barrier layer, the value calculated, for example from the formula of the following theoretical value can be mentioned as an approximation-value. However, since the quantum level which takes quantum well structure is formed, the oscillation wavelength which a laser component is actually operated and is obtained has the inclination which the energy (E<sub>lambda</sub>) of oscillation wavelength shifts to a short wavelength side from the oscillation wavelength called for from a formula etc. by becoming large like [ bandgap energy / of InGaN / (E<sub>g</sub>) ] drawing 7.

[0040] [The formula of a theoretical value]

$$E_g = (1 - \chi) 3.40 + 1.95\chi - B\chi(1 - \chi)$$

the presentation ratio of bandgap energy  $\chi$ :In of a wavelength (nm) =  $1240 / E_g$ :InGaN well layer -- the bandgap energy B:Boeing parameter of bandgap energy 1.95(eV):InN of 3.40(eV):GaN is shown, and it may be 1-6eV. Thus, although conventionally referred to as 1eV from SIMS analysis etc. in the latest research, having assumed that there was no distortion in a crystal, the Boeing parameter is changed because it is becoming clear for extent which distortion produces by the rate of In presentation ratio, the case where thickness is thin, etc. to differ, and to be set to 1eV or more.

[0041] Although there is a difference a little, it is adjusted to the oscillation wavelength considered from concrete In presentation ratio called for from SIMS analysis of a well layer etc. as mentioned above, and the oscillation wavelength at the time of making it actually oscillate so that it may become the wavelength for which actual oscillation wavelength asks.

[0042] In this invention, the layer structure which it is not limited, for example, is shown in said drawing 1 especially as layer structures other than the above which constitutes a laser component is mentioned, and the gestalt of those 1 operations is shown below.

[0043] The ELOG substrate of selective growth is explained below. In growth of the lengthwise direction of a nitride semi-conductor, the selective growth for obtaining an ELOG substrate will not be limited, especially if it is the growth approach which can control a rearrangement partially at least using growth of the longitudinal direction of a temporary \*\*\*\*\* and nitride semi-conductor. or [ for example, / that a nitride semi-conductor does not grow on the different-species substrate which consists of a different ingredient from a nitride semi-conductor concretely ] -- or the nitride semi-conductor of a thick film is obtained by a nitride semi-conductor growing from the part in which the protective coat is not formed, and growing up to be a longitudinal direction toward a protective coat top by continuing growth by forming partially the protective coat which consists of an ingredient which cannot grow easily, and growing up a nitride semi-conductor from on the.



[0044] It will not be limited especially if it is the substrate which consists of a different ingredient from a nitride nitride semi-conductor as a different-species substrate. For example, the sapphire, an insulating substrate like a spinel ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) which make a principal plane C side shown in drawing 2, the Rth page, and the Ath page, A different substrates ingredient from the nitride semi-conductor known conventionally, such as SiC (6H, 4H, and 3C are included), ZnS, ZnO, GaAs, Si, and an oxide substrate that carries out lattice matching to a nitride semi-conductor, can be used. In the above, as a desirable different-species substrate, it is sapphire and is C side of sapphire still more preferably. Furthermore, the off-angle type of the C side of sapphire is carried out to the shape of a step from the point of being able to prevent generating of a detailed crack inside an ELOG substrate, and the thing of the range whose off-angle-type angle theta (theta shown in drawing 3) is 0.1 degrees - 0.3 degrees is desirable. If the property of a laser component becomes it easy to be stabilized that the off angle-type angle theta is less than 0.1 degrees, and the inclination a detailed crack becomes easy to generate is in the interior of an ELOG substrate and an off angle exceeds 0.3 degrees on the other hand, the field condition of the nitride semi-conductor of ELOG growth will become step-like, when component structure is grown up on it, a step is emphasized a little and there are short and the inclination which becomes easy to cause a threshold rise of a component. The above-mentioned detailed crack is more detailed than the rearrangement by difference of the lattice constant of a crystal here, and it is the thing of the inclination generated from the interior of an ELOG substrate.

[0045] On different-species substrates, such as sapphire by which the off angle type was carried out to the shape of an above step, a protective coat is formed, once it grows up [ directly or ] a nitride semi-conductor. or [ that a nitride semi-conductor does not grow up to be a protective coat front face as a protective coat ] -- or although it will not be limited especially if it is the ingredient which has the property to be hard to grow up, the metal which has the melting point of 1200 degrees C or more besides oxides, such as silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ), silicon nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ), and a zirconium dioxide ( $\text{ZrO}_2$ ), nitrides, and these multilayers, for example can be used.  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Si}_3\text{N}_4$  are mentioned as a desirable protective coat ingredient. In order to form a protective coat ingredient in front faces, such as a nitride semi-conductor, gaseous-phase film production techniques, such as vacuum evaporation, a sputter, and CVD, can be used. moreover -- being partial (alternative) -- in order to form, the protective coat which has a predetermined configuration can be formed by producing the photo mask which has a predetermined configuration using a photolithography technique, and carrying out gaseous-phase film production of said ingredient through the photo mask. Although not limited, especially the configuration of a protective coat can be formed, for example in the configuration of the shape of a dot, a stripe, and a go board side, and it is formed so that a stripe may become perpendicular to an orientation flat side (Ath page of sapphire) in a stripe-like configuration preferably. Moreover, the surface area in which the protective coat is formed can obtain the nitride semi-conductor substrate with which the larger one than the surface area of the part in which the protective coat is not formed prevents a rearrangement, and has good crystallinity.

[0046] Moreover, the relation between the stripe width of face of a protective coat in case a protective coat is a stripe configuration, and the width of face of the part (window part) in which the protective coat is not formed is 16-18:3 preferably 10:3 or more. If the stripe width of face of a protective coat and the width of face of a window part have the above-mentioned relation, a nitride semi-conductor becomes easy to cover a good protective coat, and can prevent a rearrangement good. As stripe width of face of a protective coat, it is 11-24 micrometers preferably, and 2-5-micrometer 6-27 micrometers are 2-4 micrometers preferably as width of face of a window part, for example. Moreover, when forming component structure on an ELOG substrate and forming the stripe of a ridge configuration in the maximum upper layer of p mold nitride semi-conductor layer, it is desirable for being able to reduce a threshold and raising the dependability of a component that the stripe of a ridge configuration is the protective coat upper part, and avoids a part for the core of a protective coat, and is formed. This is because it is good compared with the crystallinity of the window part upper part, so the crystallinity of the nitride semi-conductor of the protective coat upper part is desirable for reducing a threshold. Moreover, near the core of a protective coat be a part which the adjoining nitride semi-conductors which



grew from the window part join with lateral growth, and when an opening may be produce in such a junction part and the stripe of a ridge configuration be form in the upper part of this opening, it be because it be easy to spread a rearrangement from an opening working [ a laser component ], so there be an inclination for the dependability of a component to deteriorate.

[0047] Although a protective coat may be directly formed in a different-species substrate, it is desirable to make the buffer layer of low-temperature growth form, to have grown up the buffer layer of elevated-temperature growth upwards further, and to make it form, although a rearrangement is prevented. For example, it is 200 degrees C or more in 900-degree-C or less temperature, and either AlN, GaN, AlGaIn, InGa, etc. are made to come to grow up by the 10A - hundreds of A thickness number as a buffer layer of low-temperature growth. The buffer layer of this low-temperature growth is desirable, although the lattice constant injustice of a different-species substrate and the buffer layer of elevated-temperature growth is eased and generating of a rearrangement is prevented. As a buffer layer of elevated-temperature growth, GaN of undoping, GaN which doped n mold impurity, and GaN which doped Si can be used, and it is GaN of undoping preferably. Moreover, 900 degrees C - 1100 degrees C of these nitride semi-conductors grow up to be an elevated temperature and a concrete target on a buffer layer at 1050 degrees C preferably. Although especially thickness is not limited, 1-20 micrometers is 2-10 micrometers preferably, for example.

[0048] Next, upwards the protective coat was formed, selective growth of the nitride semi-conductor is carried out, and an ELOG substrate is obtained. In this case, as a nitride semi-conductor to grow up, GaN which doped GaN or the impurity (for example, Si, germanium, Sn, Be, Zn, Mn, Cr, and Mg) of undoping is mentioned. As growth temperature, 900 degrees C - 1100 degrees C are more specifically grown up at the temperature near 1050 degree C, for example. When the impurity is doped, it is desirable although a rearrangement is controlled. The growth after making it grow up by MOCVD (organic metal chemical-vapor-deposition method) which is easy to control a growth rate and covering a protective coat with the nitride semi-conductor of ELOG growth the first stage grown up on a protective coat may be grown up by HVPE (halide vapor growth) etc.

[0049] Moreover, irregularity can be formed in the nitride semi-conductor which once grew on the different-species substrate as a GaN substrate in addition to the above-mentioned approach, a protective coat can be formed in a \*\*\*\* pars basilaris ossis occipitalis and/or the heights upper part, and the thing make a nitride semi-conductor come to grow up to be again from this can be used. Moreover, the thing which comes to form a nitride semi-conductor again can be used in the condition (condition that a protective coat is formed in a crevice pars basilaris ossis occipitalis and the heights upper part) of forming irregularity in said nitride semi-conductor, and not having a protective coat.

[0050] Component structure is grown up on the above-mentioned ELOG substrate. First, n mold contact layer 2 is grown up on the ELOG substrate 1. As an n mold contact layer,  $\text{AlhGa1-hN}$  ( $0 < h < 1$ ) which had n mold impurity (preferably Si) doped is grown up, and h grows up  $\text{AlhGa1-hN}$  of 0.01-0.05 preferably. When n mold contact layer is formed with the 3 yuan mixed crystal containing aluminum, even if the detailed crack has occurred in the ELOG substrate 1, propagation of a detailed crack can be prevented, generating of the detailed crack to n mold contact layer by difference of the lattice constant of the ELOG substrate 1 and n mold contact layer which were the further conventional trouble, and a coefficient of thermal expansion can be prevented, and it is desirable. As an amount of dopes of n mold impurity, it is three to  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  of  $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ . n electrode is formed in this n mold contact layer 2. As thickness of n mold contact layer 2, it is 1-10 micrometers. Moreover, it is desirable for crystallinity becoming good, if  $\text{AlhGa1-hN}$  ( $0 < h < 1$ ) of undoping may be grown up and the layer of this undoping is grown up between the ELOG substrate 1 and n mold contact layer 2, and raising a life property. The thickness of an undoping n mold contact layer is several micrometers.

[0051] Next, the crack prevention layer 3 is grown up on n mold contact layer 2. As a crack prevention layer 3,  $\text{InjGa1-jN}$  ( $0.05 \leq j \leq 0.2$ ) of Si dope is grown up, and j grows up  $\text{InjGa1-jN}$  of 0.05-0.08 preferably. Although it is omissible, this crack prevention layer 3 is desirable although generating of the crack in a component is prevented, when the crack prevention layer 3 is formed on n mold contact layer 2. As an amount of dopes of Si, it is  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ . Moreover, in case the crack prevention layer 3 is

grown up, when the mixed-crystal ratio of In is enlarged ( $j \geq 0.1$ ), the crack prevention layer 3 can absorb the light which emits light from a barrier layer 6 and began to leak from n mold cladding layer 4, can prevent turbulence of the far field pattern of a laser beam, and is desirable. As thickness of a crack prevention layer, it is the thickness of extent which does not spoil crystallinity, for example, is specifically 0.05-0.3 micrometers.

[0052] Next, n mold cladding layer 4 is grown up on the crack prevention layer 3. As an n mold cladding layer 4, it is as having described above.

[0053] Next, n mold guide layer 5 is grown up on n mold cladding layer 4. As an n mold guide layer 5, it is as having described above.

[0054] Next, a barrier layer 6 is grown up on n mold guide layer 5. As a barrier layer, it is as having described above.

[0055] Next, p mold electronic confining layer 7 is grown up on a barrier layer 6. At least one or more layers which consist of  $\text{AlGa}_{1-d}\text{N}(s)$  ( $0 < d \leq 1$ ) of Mg dope are made to come to grow up as a p mold electronic confining layer 7.  $d$  is  $\text{AlGa}_{1-d}\text{N}$  of Mg dope of 0.1-0.5 preferably. 10-1000Å of thickness of p mold electronic confining layer 7 is 50-200Å preferably. The electron in a barrier layer 6 can be shut up good as thickness is the above-mentioned range, and a bulk resistor can also be stopped low, and it is desirable. Moreover, the amount of dopes of Mg of p mold electronic confining layer 7 is three to  $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$  of  $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ . reducing a bulk resistor as the amount of dopes is this range -- in addition, Mg can be spread good and p mold guide layer 8 which is a thin film layer can be made to contain Mg in the range of three to  $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  of  $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$  to p mold guide layer grown up by the below-mentioned undoping. Moreover, when p mold electronic confining layer 7 is grown up at the temperature into which low temperature, for example, an about 850-950-degree C barrier layer, is grown up, and the same temperature, it can prevent decomposition of a barrier layer and is desirable. Moreover, p mold electronic confining layer 7 may consist of two-layer [ of the layer of low-temperature growth, and the layer grown up at the temperature of about 100 degrees C from an elevated temperature, for example, the growth temperature of a barrier layer ]. Thus, if it consists of two-layer, since the layer of low-temperature growth will prevent decomposition of a barrier layer and the layer of elevated-temperature growth will reduce a bulk resistor, it becomes good on the whole. Although especially the thickness of each class in case p mold electronic confining layer 7 consists of two-layer is not limited, 10-50Å and an elevated-temperature growth phase have [ a low-temperature growth phase ] 50-150Å desirable [ moreover, ].

[0056] Next, p mold guide layer 8 is grown up on p mold electronic confining layer 7. As a p mold guide layer 8, it is as having described above.

[0057] Next, p mold cladding layer 9 is grown up into p mold guide layer 8. As a p mold cladding layer, it comes out as described above.

[0058] Next, p mold contact layer 10 is grown up on p mold cladding layer 9. The nitride semi-conductor layer which consists of GaN of Mg dope is made to come to grow up as a p mold contact layer. Thickness is 10-200Å. The amount of dopes of Mg is three to  $1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$  of  $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ . By adjusting the amount of dopes of such thickness and Mg, the carrier concentration of p mold contact layer rises, and it \*-comes-to-be-easy with ohmic \*- of p \*\*\*\*\*.

[0059] In the component of this invention, the stripe of a ridge configuration is formed by being etched from p mold contact layer and etched to under surface (substrate side) than p mold contact layer. For example, the stripe which it comes to etch from p mold contact layer 10 as shown in drawing 1 to the middle of p mold cladding layer 9, or the stripe which it comes to etch from p mold contact layer 10 to n mold contact layer 2 is mentioned.

[0060] As shown in drawing 1, the insulator layer which has a value smaller than the refractive index of a laser waveguide field is formed in the flat surface of the nitride semi-conductor layer which followed the side face and its side face of the stripe of the ridge configuration etched and formed. As an insulator layer formed in the side face of a stripe etc., the oxide with which a refractive index has the value of the about 1.6 to 2.3 neighborhood and with which a kind of element chosen from the group which it becomes from Si, V, Zr, Nb, Hf, and Ta is included at least, BN, AlN, etc. are mentioned, for example,

and they are any one or more sorts of elements of the oxide of Zr and Hf, and BN preferably. p electrode is formed in the front face of p mold contact layer 10 which is furthermore in the maximum upper layer of a stripe through this insulator layer. As width of face of the stripe of the ridge configuration etched and formed, 0.5-4 micrometers is 1-3 micrometers preferably. It turns into [ for the width of face of a stripe to be this range / the level transverse mode / tend ] a single mode and is desirable. Moreover, when etching is missing from a substrate side and is made rather than the interface of p mold cladding layer 9 and a laser waveguide field, it is desirable although an aspect ratio is brought close to 1. As mentioned above, it becomes [ the amount of etching of the stripe of a ridge configuration, stripe width of face, \*\*\*\* which the laser beam of a single mode will be obtained and will bring an aspect ratio close circularly further if the refractive index of the insulator layer of the side face of a stripe etc. is specified further and a laser beam, or a lens design ] easy and is desirable. Moreover, in the component of this invention, conventionally, p electrode, n electrode, etc. can choose well-known various things suitably, and can use them.

[0061] Moreover, in this invention, growth of a nitride semi-conductor can apply all the approaches learned although a nitride semi-conductor is grown up for MOVPE (metal-organic chemical vapor deposition), MOCVD (organic metal chemical-vapor-deposition method), HVPE (halide vapor growth), MBE (molecular beam epitaxy method), etc.

[0062]

[Example] The example which is the gestalt of 1 operation of this invention is shown below. However, this invention is not limited to this.

[0063] The nitride semiconductor laser component which is the gestalt of 1 operation of this invention shown in drawing 1 as a [example 1] example 1 is manufactured. Moreover, as indicated to the detailed description, since the actual oscillation wavelength by the shift to the short wavelength by formation of the quantum level which takes quantum well structure etc. differs from the value of the formula of the theoretical value of In presentation ratio, In presentation ratio of the barrier layer of an example is an approximation-value.

[0064] C side by which the off-angle type was carried out to the shape of a step as a different-species substrate as shown in drawing 3 -- a principal plane -- carrying out -- the off-angle-type angle of  $\theta = 0.15$  degrees, the step level difference of about 20A, and the terrace width of face W -- it is about 800A, and a cage hula side is made into the Ath page, and a step prepares silicon on sapphire perpendicular to the Ath page. This silicon on sapphire is set in a reaction container, temperature is made into 510 degrees C, hydrogen is used for carrier gas, ammonia and TMG (trimethylgallium) are used for material gas, and the buffer layer of the low-temperature growth which consists of GaN on silicon on sapphire is grown up by 200A thickness. If only TMG is stopped after buffer layer growth, temperature is raised to 1050 degrees C and it becomes 1050 degrees C, TMG, ammonia, and silane gas will be used for material gas, and the buffer layer of the elevated-temperature growth which consists of GaN of undoping will be grown up by 5-micrometer thickness. Next, a stripe-like photo mask is formed on the wafer which carried out the laminating of the buffer layer of elevated-temperature growth, and the protective coat which consists of SiO<sub>2</sub> with a stripe width of face [ of 18 micrometers ] and a width of face [ of a window part ] of 3 micrometers with a CVD system is formed by 0.1-micrometer thickness. The direction of a stripe of a protective coat is a perpendicular direction to the Ath page of sapphire. A wafer is moved to a reaction container after protective coat formation, and at 1050 degrees C, TMG and ammonia are used for material gas, and the nitride semi-conductor layer which consists of GaN of undoping is grown up by 15-micrometer thickness, and let it be the ELOG substrate 1. Laminating growth of the following component structures is carried out on the obtained ELOG substrate 1.

[0065] [(Undoping n mold contact layer) It is not illustrated by drawing 1 .]

n mold contact layer which uses TMA (trimethylaluminum), TMG, and ammonia gas for material gas at 1050 degrees C, and consists of aluminum<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>N of undoping on the ELOG substrate 1 is grown up by 1-micrometer thickness.

(n mold contact layer 2) Next, at the same temperature, TMA, TMG, and ammonia gas are used for material gas, silane gas (SiH<sub>4</sub>) is used for impurity gas, and n mold contact layer 2 which consists of

aluminum $0.05\text{Ga}0.95\text{N}$  which doped Si  $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  is grown up by 3-micrometer thickness. A detailed crack does not occur in grown-up n mold contact layer 2, but generating of a detailed crack is prevented good. moreover, propagation of a crack detailed by growing up n mold contact layer 2 even if the detailed crack has arisen in the ELOG substrate 1 -- it can prevent -- crystalline good component structure -- \*\* length -- last thing is made. A crystalline improvement becomes better from the case of only n mold contact layer 2 by growing up an undoping n mold contact layer as mentioned above.

[0066] (Crack prevention layer 3) Next, temperature is made into 800 degrees C, TMG, TMI (trimethylindium), and ammonia are used for material gas, silane gas is used for impurity gas, and the crack prevention layer 3 which consists of  $\text{In}0.08\text{Ga}0.92\text{N}$  which doped Si  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  is grown up by 0.15-micrometer thickness.

[0067] (n mold cladding layer 4) Next, the 3rd nitride semi-conductor which consists of GaN which temperature was made into 1050 degrees C, TMA, TMG, and ammonia were used for material gas, and the 1st nitride semi-conductor which consists of aluminum $0.15\text{Ga}0.86\text{N}$  of undoping was grown up by 25A thickness, then doped Si for TMA  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , using silane gas as a stop and impurity gas is grown up by 25A thickness. And this actuation is repeated 140 times, respectively, the laminating of the 1st nitride semi-conductor and the 3rd nitride semi-conductor is carried out, and n mold cladding layer 4 which consists of multilayers (superstructure) of the 7000A of the total thickness is grown up. However, aluminum presentation of the 1st nitride semi-conductor of the 2nd henceforth adjusts the flow-rate of TMA of material gas so that it may decrease gradually, and the presentation inclination of the aluminum presentation is carried out so that it may be set to GaN by which aluminum presentation is not included in the 140th nitride semi-conductor [ 1st ].

[0068] (n mold guide layer 5) Next, temperature is made into 850 degrees C, TMI, TMG, and ammonia are used for material gas, and the 2nd nitride semi-conductor which consists of  $\text{In}d\text{Ga}1-d\text{N}$  of undoping is grown up by 25A thickness, then the 4th nitride semi-conductor which consists TMI of GaN of a stop and undoping is grown up by 25A thickness. And this actuation is repeated 40 times, respectively, the laminating of the 2nd nitride semi-conductor and the 4th nitride semi-conductor is carried out, and n mold guide layer which consists of a multilayers layer of the 2000A of the total thickness is grown up. However, the 1st value of d which shows In presentation ratio of the 2nd nitride semi-conductor is set to 0, 2nd henceforth enlarges the value gradually, and the presentation inclination of the In presentation is carried out so that the value of d of the 2nd nitride semi-conductor which is approaching the barrier layer most may be set to 0.1.

[0069] (Barrier layer 6) Next, temperature is made into 800 degrees C, TMI, TMG, and ammonia are used for material gas, and the barrier layer which consists of  $\text{In}0.01\text{Ga}0.99\text{N}$  which doped Si  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  is grown up by 100A thickness, using silane gas as impurity gas. Then, the well layer which consists silane gas of a stop and  $\text{In}0.3\text{Ga}0.7\text{N}$  of undoping is grown up by 30A thickness. This actuation is repeated 4 times and the barrier layer 6 of the multiplex quantum well structure (MQW) of the 620A of the total thickness which carried out the laminating of the barrier layer to the last is grown up.

[0070] (p mold electronic confining layer 7) Next, TMA, TMG, and ammonia are used for material gas at the same temperature, and p mold electronic confining layer 7 which consists of aluminum $0.4\text{Ga}0.6\text{N}$  which doped Mg  $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$  is grown up by 100A thickness, using  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  (magnesium cyclopentadienyl) as impurity gas.

[0071] (p mold guide layer 8) Next, the 4th nitride semi-conductor which consists of GaN which temperature was made into 850 degrees C, TMI, TMG, and ammonia were used for material gas, and the 2nd nitride semi-conductor which consists of  $\text{In}d\text{Ga}1-d\text{N}$  of undoping was grown up by 25A thickness, then doped Mg for TMI  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , using  $\text{Cp}_2\text{Mg}$  as a stop and impurity gas is grown up by 25A thickness. And this actuation is repeated 40 times, respectively, the laminating of the 2nd nitride semi-conductor and the 4th nitride semi-conductor is carried out, and p mold guide layer which consists of a multilayers layer of the 2000A of the total thickness is grown up. However, the 1st value of d which shows In presentation ratio of the 2nd nitride semi-conductor is set to 0.1, 2nd henceforth makes the value small gradually, and the presentation inclination of the In presentation is carried out so that the value of d of the 2nd furthest nitride semi-conductor from a barrier layer may be set to 0.

[0072] (p mold cladding layer 9) Next, the 2nd nitride semi-conductor which consists of GaN which temperature was made into 900 degrees C, TMA, TMG, and ammonia were used for material gas, and the 1st nitride semi-conductor which consists of AlGaIn-n of undoping was grown up by 25A thickness, then doped Mg for TMA  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , using Cp2Mg as a stop and impurity gas is grown up by 25A thickness. And this actuation is repeated 140 times, respectively, the laminating of the 1st nitride semi-conductor and the 3rd nitride semi-conductor is carried out, and p mold cladding layer 9 which consists of multilayers (superstructure) of the 7000A of the total thickness is grown up. However, the 1st value of a which shows aluminum presentation ratio of the 1st nitride semi-conductor is set to 0, 2nd henceforth enlarges the value of a gradually, and the presentation inclination of the aluminum presentation is carried out so that the value of a of the 1st furthest nitride semi-conductor from a barrier layer may be set to 0.15.

[0073] (p mold contact layer 10) Next, TMG and ammonia are used for material gas at the same temperature, and p mold contact layer 10 which consists of GaN which doped Mg  $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$  is grown up by 150A thickness, using Cp2Mg as impurity gas.

[0074] Annealing is performed for a wafer at 700 degrees C among nitrogen-gas-atmosphere mind after reaction termination and in a reaction container, and p type layer is further formed into low resistance. A wafer is picked out from a reaction container after annealing, the protective coat which consists of SiO<sub>2</sub> is formed in the front face of the p side contact layer of the maximum upper layer, and it etches by SiCl<sub>4</sub> gas using RIE (reactive ion etching), and as shown in drawing 4, the front face of the n side contact layer 2 which should form n electrode is exposed. Next, mostly, as shown in drawing 4 (a), after forming the 1st protective coat 61 of the p side contact layer 10 of the maximum upper layer which consists of an Si oxide (mainly SiO<sub>2</sub>) by 0.5-micrometer thickness with PVD equipment, the mask of a predetermined configuration is covered on the 1st protective coat 61, and the 3rd protective coat 63 which consists of a photoresist is formed in the whole surface by 1 micrometer in stripe width of face of 1.8 micrometers, and thickness. Next, as shown in drawing 4 (b), said 1st protective coat is etched by using the 3rd protective coat 63 as a mask using CF<sub>4</sub> gas after the 3rd protective coat 63 formation and with RIE (reactive ion etching) equipment, and it considers as the shape of a stripe. By processing with an etching reagent after that and removing only a photoresist, as shown in drawing 4 (c), the 1st protective coat 61 with a stripe width of face of 1.8 micrometers can be formed on the p side contact layer 10.

[0075] Furthermore, as shown in drawing 4 (d), after the 1st protective coat 61 formation of the shape of a stripe, the p side contact layer 10 and the p side cladding layer 9 are again etched using SiCl<sub>4</sub> gas by RIE, and the stripe of a ridge configuration with a stripe width of face of 1.8 micrometers is formed. However, the stripe of a ridge configuration is the upper part of the protective coat formed when performing ELOG growth, as shown in drawing 1, and it is formed so that a part for the core of a protective coat may be avoided. A wafer is transported to PVD equipment after ridge stripe formation, and as shown in drawing 4 (e), the 2nd protective coat 62 which consists of a Zr oxide (mainly ZrO<sub>2</sub>) is continued and formed by 0.5-micrometer thickness on the p side cladding layer 9 exposed by etching the 1st protective coat 61 top. Thus, if Zr oxide is formed, in order to take the insulation of a p-n side, stability of the transverse mode can be aimed at and it is desirable. Next, as it is immersed in fluoric acid and a wafer is shown in drawing 4 (f), the 1st protective coat 61 is removed by the lift-off method.

[0076] Next, as shown in drawing 4 (g), the p electrode 20 which consists of nickel/Au is formed in the front face of the p side contact layer which the 1st protective coat 61 on the p side contact layer 10 was removed, and was exposed. However, as stripe width of face of 100 micrometers, the p electrode 20 is gone across and formed on the 2nd protective coat 62, as shown in this drawing. The n electrode 21 which consists of Ti/aluminum is formed in the front face of the n side contact layer 2 exposed as shown in drawing 1 in a direction parallel to a stripe after the 2nd protective coat 62 formation.

[0077] After grinding the silicon on sapphire of the wafer which formed n electrode and p electrode as mentioned above and being referred to as 70 micrometers, in a direction perpendicular to a stripe-like electrode, cleavage is carried out to the shape of a bar from a substrate side, and a resonator is produced to a cleavage plane (the 11 to 00th page, the field equivalent to the side face of a hexagonal prism-like

crystal = Mth page). The dielectric multilayers which consist of SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> are formed in a resonator side, and, finally it considers as a laser component as cut a bar and shown in drawing 1 in a direction parallel to p electrode. In addition, as for cavity length, it is desirable to be referred to as 300-500 micrometers. The obtained laser component was installed in the heat sink, wire bonding of each electrode was carried out, and laser oscillation was tried at the room temperature. Consequently, in a room temperature, the continuous oscillation whose oscillation wavelength is about 455nm in threshold 2.5 kA/cm<sup>2</sup> and threshold electrical-potential-difference 5V is checked, and a room temperature shows the life of 1000 hours or more.

[0078] In the [example 2] example 1, p mold guide layer and p mold cladding layer are made to be the following, and also a laser component is produced similarly.

[0079] Make temperature into 850 degrees C and TMI, TMG, and ammonia are used for material gas. (p mold guide layer 8) The 1st nitride semi-conductor [ 2nd ] which consists of In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N which doped Mg 1x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> is grown up by 50A thickness, using Cp<sub>2</sub>Mg as impurity gas. Then, the 2nd nitride semi-conductor [ 2nd ] which consists of InGaN which the flow rate of material gas was adjusted so that In presentation might become less than the 1st nitride semi-conductor [ 2nd ], and also doped Mg 1x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> similarly is grown up by 50A thickness. Thus, p mold guide layer which repeats actuation so that In presentation of the 2nd nitride semi-conductor may decrease gradually, and carries out the laminating of two or more 2nd nitride semi-conductors with which In presentations differ as GaN in which In presentation is not included to the 2nd furthest nitride semi-conductor from a barrier layer and by which the presentation inclination of the In presentation of the 750A of the total thickness is carried out is grown up.

[0080] Next, make temperature into 900 degrees C and TMG and ammonia are used for material gas. (p mold cladding layer 9) Grow up the 1st nitride semi-conductor [ 1st ] which consists of GaN which doped Mg 5x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> by 25A thickness, using Cp<sub>2</sub>Mg as impurity gas, add TMA as material gas, and also it is made the same. The 2nd nitride semi-conductor [ 1st ] which consists of Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N which doped Mg 5x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> is grown up by 25A thickness. Thus, p mold cladding layer 9 which carries out the laminating of two or more 1st nitride semi-conductors with which aluminum presentations differ as actuation is repeated so that aluminum presentation of the 1st nitride semi-conductor may increase gradually, and the 1st furthest nitride semi-conductor from a barrier layer serves as aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N and by which the presentation inclination of the aluminum presentation of the 5000A of the total thickness is carried out is grown up. The obtained laser component considered laser oscillation good almost similarly as the example 1.

[0081] In the [example 3] example 1, n mold, p mold guide layer, n mold, and p mold cladding layer are made to be the following, and also a laser component is produced similarly.

[0082] Temperature is made into 1050 degrees C. To material gas TMA, (n mold cladding layer 4) Silane gas is used as impurity gas using TMG and ammonia. The 1st nitride semi-conductor [ 1st ] which consists of aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N which doped Si 5x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> is grown up by 25A thickness. Then, the 2nd nitride semi-conductor [ 1st ] which there were few aluminum presentations than the 1st nitride semi-conductor [ 1st ], and also doped Si 5x10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> similarly is grown up. Thus, n mold cladding layer which repeats actuation so that aluminum presentation may decrease gradually, and carries out the laminating of two or more 1st nitride semi-conductors with which aluminum presentations differ as GaN in which the 1st nitride semi-conductor which is approaching the barrier layer most does not include aluminum presentation and by which the presentation inclination of the aluminum presentation of the 7000A of the total thickness is carried out is grown up.

[0083] (n mold guide layer 5) The 2nd nitride semi-conductor [ 2nd ] which consists of InGaN of undoping in which make temperature into 850 degrees C, use TMG and ammonia for material gas, and grow up the 1st nitride semi-conductor [ 2nd ] which consists of GaN of undoping by 30A thickness, TMI is added as material gas, and also In presentation is included for a while similarly is grown up by 30A thickness. Thus, actuation is repeated so that In presentation of the 2nd nitride semi-conductor may increase gradually, the 2nd nitride semi-conductor which turns into the 2nd nitride semi-conductor which is approaching the barrier layer most from In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N is grown up, and n mold guide layer

which carries out the laminating of two or more 2nd nitride semi-conductors with which In presentations differ and by which the presentation inclination of the In presentation of the 750A of the total thickness is carried out is grown up.

[0084] (p mold guide layer 8) As a p mold guide layer, the same thing as said example 2 is grown up.

[0085] (p mold cladding layer 9) As a p mold cladding layer, the same thing as said example 2 is grown up.

[0086] The obtained laser component considered laser oscillation good almost similarly as the example 1, although the life property fell a little as compared with the example 1. Moreover, since the multilayers layer is not formed, growth time amount can be shortened compared with an example 1.

[0087] In the [example 4] example 3, p mold cladding layer is made to be the following, and also a laser component is produced similarly.

[0088] (p mold cladding layer 9) Next, the B horizon which consists of GaN which TMA, TMG, and ammonia were used for material gas, and the A horizon which consists of aluminum<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N of undoping was grown up by 25A thickness, then doped Mg for TMA  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  at the same temperature, using Cp2Mg as a stop and impurity gas is grown up by 25A thickness. And this actuation is repeated 100 times, respectively, the laminating of an A horizon and the B horizon is carried out, and p mold cladding layer 9 which consists of multilayers (superstructure) of the 5000A of the total thickness is grown up.

[0089] The obtained laser component can perform an example 3 and laser oscillation good almost similarly.

[0090] In the [example 5] example 3, n mold guide layer and p mold cladding layer are made to be the following, and also a laser component is produced similarly.

[0091] (n mold guide layer 5) Next, TMG and ammonia are used for material gas at the same temperature, and n mold guide layer which consists of GaN of undoping is grown up by 0.075-micrometer thickness.

[0092] (p mold cladding layer) p mold cladding layer grows up the same thing as the above-mentioned example 4.

[0093] The obtained laser component can perform an example 3 and laser oscillation good almost similarly.

[0094] In the [example 6] example 3, p mold guide layer and p mold cladding layer are made to be the following, and also a laser component is produced similarly.

[0095] Temperature is made into 800 degrees C. To material gas Next, TMI, (p mold guide layer 8) The 2nd nitride semi-conductor which consists of In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N of undoping is grown up by 50A thickness using TMG and ammonia. Then, the 4th nitride semi-conductor which consists of GaN which doped Mg for TMI  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ , using Cp2Mg as a stop and impurity gas is grown up by 50A thickness. And this actuation is repeated 20 times, respectively, the laminating of the 2nd nitride semi-conductor and the 4th nitride semi-conductor is carried out, and p mold guide layer which consists of a multilayers layer of the 2000A of the total thickness is grown up. However, the presentation inclination of the In presentation of the 2nd nitride semi-conductor has not been carried out.

[0096] (p mold cladding layer) p mold cladding layer grows up the same thing as the above-mentioned example 4.

[0097] The obtained laser component can perform an example 3 and laser oscillation good almost similarly, although a life property falls a little as compared with an example 3.

[0098] In the [example 7] example 1, p mold electronic confining layer 7 is made to constitute from two-layer as follows, and also a nitride semiconductor laser component is produced similarly.

Temperature is made into 800 degrees C. To material gas TMA, (p mold electronic confining layer 7) Cp2Mg (magnesium cyclopentadienyl) is used as impurity gas using TMG and ammonia. Grow up the A horizon of the low-temperature growth which consists of aluminum<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N which doped Mg  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  by 30A thickness, and temperature is continuously made into 900 degrees C. p mold electronic confining layer 7 which consists of two-layer [ of the A horizon of low-temperature growth to which the B horizon of the elevated-temperature growth which consists of aluminum<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N which



doped Mg  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  is made to come to grow up by 70Å thickness, and the B horizon of elevated-temperature growth ] is grown up. The laser beam of long wavelength oscillates like an example 1, and the obtained laser component has a good life property.

[0099] In the [example 8] example 1, in case the crack prevention layer 3 is grown up, the presentation ratio of In is set to 0.2, the crack prevention layer 3 which consists of  $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$  which doped Si  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  is grown up by 0.15-micrometer thickness, and also a laser component is produced similarly. the obtained laser component -- an example 1 -- the same -- a long wave -- merit's laser beam oscillates, it has a good life property, light is further emitted by the barrier layer 6, and it is leakage from n mold cladding layer -- the light carried out is absorbed within a laser component (clad prevention layer 3) good, and a far field pattern becomes fitness from an example 1.

[0100]

[Effect of the Invention] By carrying out a presentation inclination and growing up a guide layer and a cladding layer as mentioned above, this invention can ease distortion concerning a crystal, can raise crystallinity, such as a guide layer and a barrier layer, and can offer the nitride semiconductor laser component which can obtain the laser beam of long wavelength.

---

[Translation done.]